

Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИИ
(институт)

ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Кузьмин
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2016 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.04.10 Электрификация и автоматизация горного производства
(код и наименование специальности)

Модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства». Разработка, монтаж, наладка и методическое обеспечение лабораторной работы «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».

(тема)

Пояснительная записка

Руководитель	_____	<u>к.т.н. доцент</u>	<u>А.И. Герасимов</u>
	(подпись, дата)	(должность, ученая степень)	(инициалы, фамилия)
Выпускник	_____		<u>Г.Г. Крючков</u>
-	(подпись, дата)		(инициалы, фамилия)

Красноярск 2016 г.

Продолжение титульного листа ДР по теме: Модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства». Разработка, монтаж, наладка и методическое обеспечение лабораторной работы «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».
Консультанты по разделам:

Основной выбор оборудования для лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства»
(наименование раздела)

подпись, дата

А.И. Герасимов
инициалы, фамилия

Общие технические и проектные решения по модернизации лабораторной работы по курсу «Электроснабжение горных предприятий»
(наименование раздела)

подпись, дата

А.И. Герасимов
инициалы, фамилия

Разработка стенда по исследованию «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».
(наименование раздела)

подпись, дата

А.И. Герасимов
инициалы, фамилия

Разработка методического Обеспечения «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В»
(наименование раздела)

—

подпись, дата

А.И. Герасимов
инициалы, фамилия

Безопасность жизнедеятельности
(наименование раздела)

подпись, дата

Н.М. Капличенко
инициалы, фамилия

Экономика
(наименование раздела)

подпись, дата

А.И. Герасимов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Р.А. Майнагашев
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИИ
(институт)

ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Кузьмин
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломной работы

Студенту

Крючкову Григорию Григорьевичу

фамилия, имя, отчество

Группа ЗГГ 11-09 Направление (специальность)

номер

21.05.04.10

код

Электрификация и автоматизация горного производства

(наименование)

Тема выпускной квалификационной : Модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства». Разработка, монтаж, наладка и методическое обеспечение лабораторной работы «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».

Утверждена приказом по университету № 19147/с от 28.12.2015

Руководитель ВКР

А.И. Герасимов канд. техн. наук, доцент, кафедра ЭГПМ

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР

Перечень разделов ВКР Основной выбор оборудования для лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства» Общие технические и проектные решения по модернизации лабораторной работы по курсу «Электроснабжение горных предприятий», Разработка стенда по исследованию «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».
Разработка методического обеспечения, Безопасность жизнедеятельности, Экономика

Перечень графического материала Внешний вид лаборатории до и после, схема электроснабжения лаборатории, внешний вид стенда, монтажная схема, однолинейная схема, экономика.

Руководитель ВКР

(подпись)

А.И. Герасимов

(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Г.Г. Крючков

(инициалы и фамилия студента)

« ____ » _____ 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему Модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства». Разработка, монтаж, наладка и методическое обеспечение лабораторной работы «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В», содержит 72 страниц текстового документа, 14 использованных источников, 5 листов графического материала.

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА СТЕНДА И ПЛАНА МОДЕРНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРИИ ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА»; НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИНЦИП РАБОТЫ СТЕНДА «ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХСТУПЕНЧАТОЙ ЗАЩИТЫ ОТ СВЕРХТОКОВ В СЕТЯХ ДО 1000В»; РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ; БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ; ЭКОНОМИКА.

Объект модернизации – лаборатория по курсу «Электроснабжение горного производства».

Цель работы: разработка лабораторного стенда «Изучение селективной работы трехступенчатой защиты низковольтных объектов и устройства защитного отключения (УЗО).» по курсу «Электроснабжение горного производства».

В процессе работы была выполнена разработка общего дизайна и схемы электроснабжения лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства» с применением экологичных и электропожаробезопасных материалов и оборудования.

Выполнен экономический расчет стоимости изготовления стенда с учетом современных материалов и оборудования.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.....	7
2. Основной выбор оборудования для лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства».....	19
2.1 Основные элементы системы электроснабжения.....	19
2.2 Основные функции выбранного оборудования.....	21
3.Общие технические и проектные решения по модернизации лабораторной работы по курсу «Электроснабжение горных предприятий».....	28
3.1Состояние лаборатории до модернизации.....	28
3.2 План расположения и внешний вид модернизированной лаборатории «Электроснабжение горного производства».....	30
3.3Разработка прогрузочного стенда с выходным током до 1100А.....	37
4.Разработка стенда по исследованию исследованию трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В	41
4.1 Конструкция и основные характеристики устройства	41
4.2.Конструкция и внешний вид лабораторной установки	42
4.3 Назначение и принцип работы стенда.	46
5. Методические указания к лабораторным работам.....	58
5.1 Исследование селективности трехступенчатых защит в сети низкого напряжения.....	58
5.2 . Общие сведения об УЗО	59
5.3 . Понятие селективности	61
5.4. Описание лабораторной установки	64
5.5. Ход выполнения работы	66
6.Безопасность жизнедеятельности	71
6.1Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	71
6.2Технические и организационные мероприятия по охране труда.....	71
6.3 Мероприятия по производственной санитарии.....	73
6.4 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности.....	74
7. Экономическая часть.....	75
7.1 Расчет затрат на приобретение электрооборудования.....	76
7.2 Расчет затрат на материалы.....	76
7.3 Расчет расходов по заработной плате персонала.....	77
8. Заключение.....	78
Список используемых источников.....	80

Введение

Электроснабжение и электрификация горных предприятий имеет исключительное значение как основная энергетическая база комплексной механизации и автоматизации горного производства. Современные карьеры и разрезы – крупные потребители электрической энергии, обладающие характерными особенностями, связанные с работой машин и агрегатов в условиях открытых горных работ (передвижной характер работ, метеорологические и климатические условия и ряд других факторов). Открытые горные работы обусловили ряд специальных требований к электроснабжению предприятий, а также к решению проблем, связанных с соблюдением безопасности при эксплуатации электрохозяйства, с защитой от однофазных замыканий на землю, с защитой персонала от поражения электрическим током.

Развитие горного производства характеризуется распространением открытого способа разработки полезного ископаемого, поэтому рассмотрение вопросов электроснабжения и электрификации производится в неразрывной связи с рабочими машинами, технологией производства и организацией работ.

Основными горными машинами на открытых горных работах являются одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, горные комплексы, буровые станки, различные виды транспорта, многие из которых снабжены сложным электрооборудованием. Установленная мощность электрических машин на современном мощном экскаваторе достигает 20000 кВт и более, что сравнимо со средним и даже крупным предприятием.

Горные машины и комплексы, особенно большой единичной мощности, требуют применение совершенных систем электроснабжения горных предприятий, способствующих повышению производительности труда.

Важное значение имеет повышение напряжения горных машин и механизмов. Приводные двигатели мощных экскаваторов работают на напряжение 10 кВ. Напряжение в контактных сетях электровозного транспорта на карьерах при постоянном токе 3-6 кВ, при переменном токе до 20 кВ. На мощных карьерах проектируется глубокий ввод напряжением 110 кВ. Особое значение имеет создание различных средств защиты и повышение электробезопасности при эксплуатации электрических сетей и электрооборудования.

Современные шахты и рудники – крупные потребители электрической энергии, обладающие характерными особенностями, связанные с условиями работы машин и механизмов в подземных условиях (газовая и пылевая среда, водообильность и ряд других специфических горно-геологических факторов). Условия подземных шахт и рудников, особенно опасных по газу или пыли, обусловили ряд специальных требований к электроснабжению предприятий, к исполнению рудничного электрооборудования. Это потребовало решение многих проблем, связанных с безопасным применением электроэнергии в шахтах и рудниках; с защитой персонала от поражения электрическим током, особенно при применении в забои напряжения 3(3.3) кВ и т.п. Разработаны, созданы и внедрены на шахтах и рудниках разнообразные виды рудничного

электрооборудования и научные методы безопасного применения электроэнергии в подземных выработках шахт и рудников.

За последнее время в системах электроснабжения горных предприятий произошли существенные изменения. Повышение напряжения сетей и питающих линий, широкое применение системы глубокого ввода, наконец, применение более высокого уровня напряжения для приемников электрической энергии (660, 1140, 3000 (3300), 6000, 10000 В) в подземных выработках подземных шахт коренным образом повлияли как на основные принципы электроснабжения, так и на построение схем распределения электроэнергии в шахтах. Новые технологии и средства механизации выдвигают новые повышенные требования к электрификации подземных горных работ, а в месте с тем и к уровню подготовки инженерного персонала, от которого зависят успешное внедрение нового электрооборудования, его квалифицированная эксплуатация и улучшение экономической эффективности производства.

Учитывая возможные схемные и конструктивные изменения рудничного электрооборудования. Студенты должны изучить как существующее оборудование, так и новые разработки и приобрести практические навыки по их эксплуатации.

Следовательно, модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства» является актуальной и своевременной.

Творческий коллектив в составе: Крючкова Г.Г , Баранова С.В , Уйбо Н.В , Закирова А.С , Шаройко Д.Н , Вяткина А.П , Соловьева В.В, Сотира М.А , Копатилова А.В , Коровкина Е.П , Дудаува П.А , под руководством к.т.н. доцента кафедры ЭГМП Герасимова А.И выполняли модернизацию лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства». Результаты данной работы приведены ниже.

Актуальность работы

До 2011 приём студентов на 1 курс ИГДГиГ ФГАОУ ВПО «СФУ» осуществлялся на специальность 140604 – «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» в соответствии с Государственным образовательным стандартом (ГОС) 140000 – Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника. В соответствии с ГОС на 5 курсе преподавалась специальная дисциплина ДС.Ф.5 – «Электрификация горных предприятий».

Таблица 1 - Объем дисциплины «Электрификация горных предприятий» и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего зачетных единиц (часов)	Семестр
		9
Общая трудоемкость дисциплины	4,86 (175)	4,86 (175)
Аудиторные занятия:	2,36 (85)	2,36 (85)
лекции	1,4 (51)	1,4 (51)
практические занятия (ПЗ)	0,5 (17)	0,5 (17)
семинарские занятия (СЗ)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	0,5 (17)	0,5 (17)
другие виды аудиторных занятий	-	-
промежуточный контроль	аттестации	аттестации
Самостоятельная работа:	2,5 (90)	2,5 (90)
изучение теоретического курса (ТО)	1,5 (49)	1,5 (49)
курсовой проект (работа):	0,9 (35)	0,9 (35)
расчетно-графические задания (РГЗ)	-	
реферат	-	-
задачи	-	-
задания	-	-
другие виды самостоятельной работы	0,2 (6)	0,2 (6)
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачёт	зачёт

По дисциплине выполнялись лабораторные работы (табл.2).

Таблица 2 -Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ, объем в часах
1	6	Исследование электрических сетей с режимом изолированная нейтраль. (2 часа)
2	7	Исследование удельного сопротивления грунта методом ступенчатого погружения электрода. (2 часа)
3	7	Исследование удельного сопротивления грунта методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). (2 часа)
4	7	Исследование селективности трёхступенчатых защит в сети низкого напряжения. (2 часа)
5	2	Исследование электрического освещения объектов. (2 часа)
6	8	Исследование защиты от однофазных замыканий на землю на базе КРУ К-104М. (2 часа)
7	5	Изучение устройства комплектного высоковольтного К104М. (2 часа)
8	21	Исследование автоматических фидерных выключателей, магнитных пускателей, реле утечки и их совместной работы. (3 часа)

Содержание лабораторных занятий

1 Исследование электрических сетей с режимом изолированная нейтраль. (2 часа)

Оборудование

1) Модель электрической сети с режимом изолированная нейтраль.

Номинальное напряжение 380 В. Сопротивления изоляции фаз каждой фазы переключаются от 2 кОм до 60 кОм. Ёмкости фаз относительно земли переключаются от 0,1 до 2,5 мкФ. Возможно создание симметричных и несимметричных режимов работы сети.

2) Для измерения тока утечки применяется миллиамперметр. Для измерения напряжения фаз сети относительно земли применяется высокоомный вольтметр.

Цель работы:

1) Определить зависимость тока через тело человека от сопротивлений изоляции и ёмкости фаз сети относительно земли.

2) Определить зависимости напряжения фаз сети относительно земли в зависимости от параметров сети.

2. Исследование удельного сопротивления грунта методом ступенчатого погружения электродов. (2 часа)

Оборудование

1) Стенд с моделями грунтов для метода ступенчатого погружения электродов (изготовлен на кафедре).

2) Измеритель сопротивления заземления М-416.

Цель работы:

1) Научиться измерять сопротивление заземления.

2) Овладеть исследованием удельного сопротивления многослойных грунтов методом ступенчатого погружения электродов.

3) Овладеть приведением многослойной структуры грунта к эквивалентной двухслойной структуре.

3. Исследование удельного сопротивления грунта методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). (2 часа)

Оборудование

1) Стенд с моделями грунтов для ВЭЗ (изготовлен на кафедре).

2) Измеритель сопротивления заземления М-416.

3) Программа интерпретации результатов ВЭЗ на ЭВМ.

Цель работы:

1) Определять удельные сопротивления слоёв многослойных грунтов.

2) Овладеть приведением многослойной структуры грунта к эквивалентной двухслойной структуре.

4. Исследование селективности трёхступенчатых защит в сети низкого напряжения. (2 часа)

Оборудование

Стенд с моделью трёхступенчатой сети.

Амперметры.

Латр для регулирования тока.

Секундомер.

Цель работы:

Измерить время срабатывания выключателей с разными токами перегрузки.

Построить характеристики выключателей.

Изучить условия селективности работы выключателей.

5. Исследование электрического освещения объектов. (2 часа)

Оборудование

1) Стенд для измерения освещённости поверхности в зависимости от расстояния до светильника и угла наклона поверхности (изготовлен на кафедре).

2) Измеритель освещённости Ю-17.

Цель работы:

1) Исследовать освещённость поверхностей.

2) Овладеть методами измерения освещённости.

6. Исследование защиты от однофазных замыканий на землю на базе КРУ К-104М. (2 часа)

Оборудование

Высоковольтная ячейка К-104М.

Защита от однофазных замыканий на землю РТЗ-51 в ячейке К-104.

4) Стенд для моделирования токов в защитах от однофазных замыканий на землю (изготовлен на кафедре).

Цель работы:

1) Определить коэффициенты трансформации трансформатора тока нулевой последовательности.

2) Измерить токи срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю и токи в реле защит от однофазных замыканий на землю.

7. Изучение комплектных распределительных устройств типа К104М. (2 часа)

Оборудование

1) Высоковольтная ячейка К104М.

2) Стенд для «оживления» высоковольтных ячеек.

Цель работы:

1) Изучить конструкции и оборудование высоковольтных ячеек.

2) Овладеть правилами включения, выключения, технического обслуживания.

8. Исследование автоматических фидерных выключателей, магнитных пускателей, реле утечки и их совместной работы. (2 часа)

Оборудование

1) Автоматический фидерный выключатель АФВ. Магнитный пускатель ПВР-250. Реле утечки РУП-380/220У2.

2) Стенд моделирования тока нагрузки и параметров электрической сети.

Цель работы:

1) Изучить конструкции АФВ, ПВР-250, РУП-380/220У2.

2) Изучить схемы распределительных пунктов для подземных горных работ.

2) Измерить характеристики срабатывания аппаратов.

Оформление отчётов по лабораторным работам (3 часа на 8 работ)

Исследование сети с изолированным режимом нейтрали. (0,5 часа)

Исследование удельного сопротивления грунта методом ступенчатого погружения электродов. (0,25 часа)

Исследование удельного сопротивления грунта методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). (0,5 часа)

Исследование электрического освещения объектов. (0,25 часа)

Исследование ненаправленной и направленной защиты от однофазных замыканий на землю. (0,5 часа)

Изучение комплектных распределительных устройств типа К104М. (0,5 часа)

Исследование аппаратов защитного отключения РУП-380/220. (0,5 часа)

Исследование автоматических фидерных выключателей, магнитных пускателей, реле утечки и их совместной работы. (0,5 часа)

В 2010 г. Министерством образования и науки был принят Федеральный Государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего

профессионального образования по специальности 130400 «Горное дело». В соответствии с ФГОС по специальности «Горное дело» утверждены специализации:

«Подземная разработка пластовых месторождений».

«Подземная разработка рудных месторождений».

«Открытые горные работы».

«Маркшейдерское дело».

«Шахтное и подземное строительство».

«Обогащение полезных ископаемых»

«Взрывное дело».

«Горно-промышленная экология»

«Горные машины и оборудование»

«Электрификация и автоматизация горного производства».

«Транспортные системы горного производства».

«Технологическая безопасность и горно-спасательное дело».

Указанный ФГОС внедрен в ФГАОУ ВПО «СФУ» в 2011 г. В соответствии с новым стандартом отменена дисциплина «Электрификация горных предприятий» и в соответствии с учебным планом специализации «Электрификация и автоматизация горного производства» изменен целый ряд учебных дисциплин. На основе учебной дисциплины «Электрификация горных предприятий» образовано 2 дисциплины «Электробезопасность на горных предприятиях» и «Электроснабжение горного производства». Значительно увеличен объём дисциплины «Электроснабжение горного производства» (см. табл. 1 и табл. 3).

Таблица 3 - Объем дисциплины «Электроснабжение горного производства» и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего зачетных единиц (часов)	Семестры		
		7	8	9
Общая трудоемкость дисциплины	8 (288)	2,44 (88)	3,67 (132)	1,89(68)
Аудиторные занятия:	3,28 (118)	1,42 (51)	1,42 (51)	0,44(16)
лекции	2,33 (84)	0,95 (34)	0,94 (34)	0,44(16)
практические занятия (ПЗ)	0,47 (17)	-	0,47 (17)	
семинарские занятия (СЗ)	-	-		
лабораторные работы (ЛР)	0,47 (17)	0,47 (17)	-	
другие виды аудиторных занятий	-	-		
промежуточный контроль	аттестации	аттестации	аттестации	аттестации
Самостоятельная работа:	3,72 (134)	1,03 (37)	1,42 (45)	1,44(52)
изучение теоретического курса (ТО)	2,69 (98)	1,03 (37)	1,42 (45)	0,44(16)
курсовой проект (работа):	1 (36)			1 (36)
расчетно-графические задания (РГЗ)	-			
реферат	-	-		
задачи	-	-		
задания	-	-		
экзамен			1 (36)	
другие виды самостоятельной работы				
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	1 (36)зач.экз	зачет	1 (36) экз.	зачет

В соответствии с учебным планом дисциплина имеет 5 модулей (табл. 4).

Таблица 4 - Модули дисциплины и виды занятий в часах

№ п/п	Разделы дисциплины	Лекции зачетных единиц (часов)	ПЗ или СЗ зачетных единиц (часов)	ЛР зачетных единиц (часов)	Самостоятельная работа зачетных единиц	Реализуемые компетенции
Модуль 1. Основы электрификации предприятий						
1	1 -11	0,694 (25)	0,389 (14)	0,389 (14)	0,417 (15)	ОК-1, ОК-6, ОК-7, ПК-20,
Модуль 2. Электрификация открытых горных работ						
2	12 - 16	0,278 (10)	0,083(3)	0 (0)	0,139 (5)	ПК-25, ПК-26, ПК-27, ПК-28, ПСК-10-1, ПСК-1—2.
Модуль 3. Электрификация подземных горных работ						
3	17 - 21	0,278 (10)	0 (0)	0,083 (3)	0,25 (9)	ПК-25, ПК-26, ПК-27, ПК-28, ПСК-
Модуль 4. Электрификация обогатительных фабрик и металлургических заводов						
4	22 - 24	0,1 (2,5)	0 (0)	0 (0)	0,306 (11)	ПК-25, ПК-26, ПК-27, ПК-28, ПСК-
Модуль 5. Основные технико-экономические показатели эксплуатации электрооборудования и этапы выполнения проектов						
5	25 - 27	0,097 (3,5)	0 (0)	0 (0)	0,083 (3)	ПК-26, ПК-27, ПК-28
Всего:		1,42 (51)	0,47 (17)	0,47 (17)	1,2 (43)	

Лабораторные занятия

Перечень лабораторных работ по учебному плану дисциплины
«Электроснабжение горного производства»

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ, объем в часах
1	2	Построение светотехнических характеристик светильников. Исследование эффективности и выбор типов светильников (3
3	7	Исследование устройства комплектного распределительного серии (КРУ К-104М (2 часа)
4	7	Исследование максимальной токовой защиты и токовой отсечки базе комплектного распределительного устройства
6	9	Исследование защиты от однофазных замыканий на землю на базе комплектного распределительного устройства К-
10	9	Исследование селективности работы трёхступенчатых защит электрических сетей низкого напряжения (2 часа)
13	9	Исследование аппаратов защитного отключения АЗАК-380.
14	9, 14	Исследование автоматических фидерных выключателей, магнитных пускателей, реле утечи и их совместной работы
15	14	Моделирование аварийных ситуаций систем электроснабжения горных работ на компьютере и принятие
Итого объём:		17 часов

Содержание лабораторных занятий по учебному плану

Построение светотехнических характеристик светильников (2 часа)

Оборудование

а) Люксметр Ю-17.

б) Стенд со светильниками с лампами накаливания, ДРЛ, светодиодными лампами.. Высота подвески светильников регулируется. Измеряется высота, освещённость и угол луча света.

Цель работы:

Построение кривых силы света.

Сравниваются кривые силы света, пускорегулирующая аппаратура, эксплуатационные показатели.

Исследование устройства комплектного распределительного серии (КРУ К-104М (2 часа)

Оборудование

а) Высоковольтная ячейка КРУ К-104М.

б) Стенд для управления ячейкой.

Цель работы:

Изучить конструкции и оборудование высоковольтных ячеек. Овладеть правилами включения, выключения, технического обслуживания.

Изучение конструктивных элементов ячейки. Осваение включения, выключения выключателя, выкатывания и вкатывания выключателя в ячейку.

Исследование максимальной токовой защиты и токовой отсечки на базе комплектного распределительного устройства К-104М (2 часа)

Оборудование

- а) Высоковольтная ячейка КРУ К-104М.
- б) Стенд для управления ячейкой.

Цель работы:

Освоение расчётов и настройки максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени. Проведение экспериментов по срабатыванию защиты.

Исследование защиты от однофазных замыканий на землю на базе комплектного распределительного устройства К-104М (2 часа)

Оборудование

- а) Защита от однофазных замыканий на землю РТЗ-50.
- б) Защита от однофазных замыканий на землю ЗЗП1М.
- в) Высоковольтная ячейка К104М с установленными защитами.
- г) Стенд для моделирования токов в защитах от однофазных замыканий на землю (изготовлен на кафедре).

Цель работы:

- 1) Определить коэффициенты трансформации трансформаторов тока нулевой последовательности.
- 2) Измерить токи срабатывания защит от однофазных замыканий на землю и токи в реле защит от однофазных замыканий на землю.

5. Исследование селективности работы трёхступенчатых защит электрических сетей низкого напряжения (2 часа).

Оборудование

- а) Стенд с последовательно включенными тремя автоматическими выключателями с разными номинальными токами расцепителей. Величина тока регулируется. Время срабатывания измеряется электронным секундомером.

Цель работы:

Построение защитных характеристик выключателей. Определение интеграла Джоуля. Определение экспериментальным путём условий селективности.

6. Исследование аппаратов защитного отключения АЗАК-380. (2 часа)

Оборудование

- 1) Аппарат защитного отключения АЗАК-380.
- 2) Стенд «Режим изолированной нейтрали».

Цель работы:

Изучить принципиальную схему и работу АЗАК-380. Исследовать характеристики срабатывания АЗАК-380 в зависимости от параметров электрической сети. Исследовать влияние защитного аппарата АЗАК-380 на ухудшение параметров электрической сети и увеличение тока через тело человека.

7. Исследование автоматических фидерных выключателей, магнитных пускателей, реле утечки и их совместной работы. (2 часа)

Оборудование

- 1) Автоматический фидерный выключатель АФВ. Магнитный пускатель ПВР-250. Реле утечки РУП-380/220У2.

2) Стенд моделирования тока нагрузки и параметров электрической сети.

Цель работы:

Изучить конструкции АФВ, ПВР-250, РУП-380/220У2. Изучить схемы распределительных пунктов для подземных горных работ. Измерить характеристики срабатывания аппаратов.

8. Моделирование аварийных ситуаций систем электроснабжения горных работ на компьютере и принятие решений по предотвращению аварий. (4 часа)

Оборудование

а) Компьютерный класс.

б) Программа моделирования аварийных ситуаций в электрических сетях.

Цель работы:

Подготовка выпускников к практической работе в экстремальных условиях предприятий.

Оформление отчётов по лабораторным работам (3 часа на 6 работ)

- Построение светотехнических характеристик светильников. Исследование эффективности и выбор типов светильников. (0,5 часа)

- Исследование устройства комплектного распределительного серии (КРУ К-104М (0,5 часа)

- Исследование максимальной токовой защиты и токовой отсечки на базе комплектного распределительного устройства К-104М (0,5 часа)

- Исследование защиты от однофазных замыканий на землю на базе комплектного распределительного устройства К-104М (0,5 часа)

- Исследование комплектных низковольтных распределительных устройств типа ПР8503 и ящиков типа РУСМ управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором (0,5 часа)

- Исследование селективности работы трёхступенчатых защит электрических сетей низкого напряжения (1 час)

- Исследование аппаратов защитного отключения АЗАК-380. (0,5 часа)

- Исследование автоматических фидерных выключателей, магнитных пускателей, реле утечки и их совместной работы. (0,5 часа)

- Моделирование аварийных ситуаций систем электроснабжения горных работ на компьютере и принятие решений по предотвращению аварий. (2 часа)

2. Основной выбор оборудования для лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства».

2.1 Основные элементы системы электроснабжения.

Добыча полезных ископаемых может осуществляться двумя основными способами открытым и подземным. Ниже приведены схемы с указанием основных элементов электроснабжения для открытых и подземных горных работ.

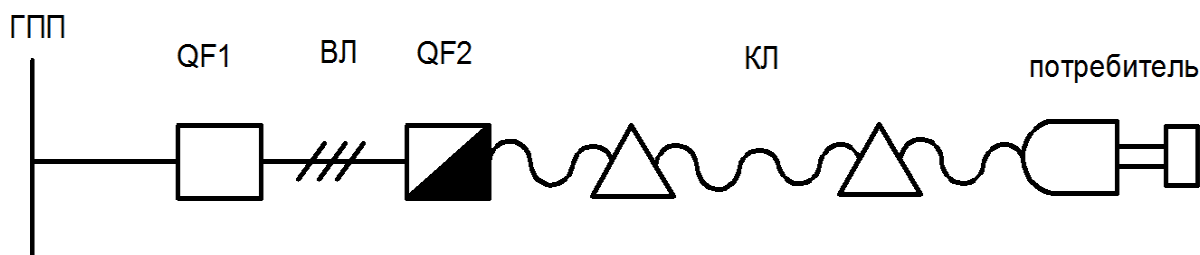


Рис.2.1- Основные элементы схемы электроснабжения открытых горных работ.

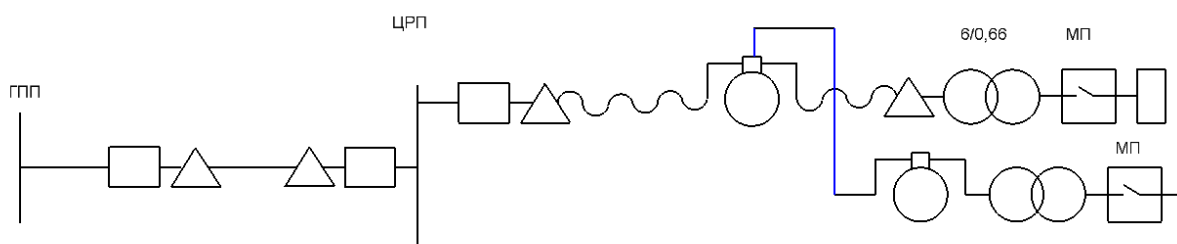


Рис.2.2- Основные элементы схемы электроснабжения подземных горных работ.

Из представленных схем видно, что к основным элементам электроснабжения открытых горных работ относятся стационарные ячейки с коммутационными аппаратами, расположенными на главной понижающей подстанции (ГПП), воздушные и кабельные линии и передвижные приключательные пункты расположенные в непосредственной близости от потребителя (экскаватора, бурового станка, конвейерной линии и т.п.)

К основным элементам электроснабжения подземных горных работ относятся следующие элементы: стационарная ячейка с коммутационным аппаратом расположенном на ГПП и центральном приключательном пункте (ЦРП), кабельные линии, фидерные выключатели и магнитные пускатели расположены непосредственно под землей. Фидерные и магнитные пускатели используются в подземных условиях, в зависимости от степени загазованности и количества пыли могут быть выполнены в рудничном взрывобезопасном исполнении (РВ, РВИ) или в рудничном нормальном исполнении (РН). В качестве потребителей (нагрузки) на горных работах выступают: трансформаторы, электродвигатели, освещение.

Конструкцию силовых и измерительных кабелей студенты изучают на курсе электрические материалы, где также изучают конструкцию проводов для ВЛ. При прохождении курса электрические машины и трансформаторы студенты изучают конструкцию и принцип действия, основных характеристик электрических машин и трансформаторов. А на лабораторных работах приобретают навыки по эксплуатации указанных механизмов.

Таким образом, открытыми остаются вопросы, связанные с изучением конструкций и принципов действия следующих элементов систем электроснабжения горных работ: открытые горные работы – стационарные ячейки которые устанавливаются на ГПП и передвижные приключательные пункты; подземные горные работы – фидерные выключатели и магнитные пускатели в исполнении РН и РВ и агрегаты для освещения.

Кроме указанного студенты должны обладать навыками по выбору и настройке многоступенчатых систем защиты от аварийного режима и понимать принцип действия двух трансформаторных подстанций т.к. электроприемники горных работ относятся к потребителям первой категории.

Исходя из выше изложенного, было принято решение о модернизации следующих лабораторных работ:

- исследование конструкции и основных функций приключательного пункта ЯКНО
- исследование конструкции и основных функций К-104М (стационарная ячейка)
- исследование конструкции и основных функций аппарата освещения горных выработок
- исследование конструкции и основных функций рудничного взрывобезопасного магнитного пускателя
- исследование конструкции и основных функций рудничного не реверсивного пускателя взрывобезопасного исполнения
- исследование конструкции и основных функций рудничного автоматического выключателя нормального исполнения
- исследование конструкции и основных функций рудничного автоматического выключателя взрывобезопасного исполнения
- исследование трехступенчатой токовой защиты в сетях до 1000 В
- исследование конструкции и основных функций рудничного не реверсивного магнитного пускателя нормального исполнения

В качестве образцов вышеуказанных устройств были приняты следующие ячейки, выключатели, магнитные пускатели, а также осветительные агрегаты:

- стационарная ячейка К-104М
- приключательный пункт типа ЯКНО-10У1
- аппараты для освещения горных выработок типа (АОШ2,5-1(380В/660В)-1(127В/220В)У5)
- рудничный реверсивный магнитный пускатель типа(ПМВИР-41 У5)
- рудничный реверсивный пускатель взрывобезопасного исполнения типа(ПВР250 УХЛ5 (660/1140В) 50Гц 250А IP54)

- рудничный автоматический выключатель нормального исполнения типа(BPH 125-A 1(380В) С У5 IP54)
- рудничный автоматический выключатель взрывобезопасного исполнения типа(АФВ 2А У5)
- рудничный реверсивный магнитный пускатель нормального исполнения типа(ПРН63Б 1 (380В)50Гц 63 У5)

2.2 Основные функции выбранного оборудования

2.2.1 Стационарная ячейка К-104М

Комплектное распределительное устройство(КРУ К-104М) – устройство служащее для приема и распределения электрической энергии и состоящее из шкафов и соединительных элементов (например, токопроводов), которые поставляются отдельными шкафами или блоками, состоящими из нескольких шкафов в собранном или подготовленном для сборки виде. Комплектные распределительные устройства полностью изготавливаются на заводах; на месте установки их укрупненные элементы лишь монтируются. Эти распределительные устройства в наибольшей степени отвечают требованиям индустриализации энергетического строительства, поэтому в настоящее время они становятся наиболее распространенной формой исполнения распределительных устройств. Вместе с тем широко сооружаются также распределительные устройства смешанного типа, выполняемые частично как сборные и частично как комплектные.

Комплектные распределительные устройства (КРУ) напряжением 6, 10 и 35 кВ являются важнейшими элементами систем электроснабжения и во многом определяют надежность электроснабжения потребителей. Сегодня на энергетическом рынке России представлено достаточное количество разнообразных распределительных устройств, в ряде случаев значительно отличающихся друг от друга. Общее количество заводов, производящих распределительные устройства, превышает шесть десятков. Их продукция во многом схожа. Но в то же время все представленные на российском рынке шкафы КРУ отличаются друг от друга.

Основные преимущества комплектных устройств

Комплектные устройства по сравнению с обычными конструкциями электротехнических установок обладают следующими основными преимуществами: - значительно уменьшаются объемы строительно-монтажных работ и сокращаются сроки их выполнения;

- достигается большая экономия трудозатрат;
- улучшается качество электроустановок, увеличивается надежность и безопасность их обслуживания и сокращаются эксплуатационные расходы;
- обеспечивается удобство и быстрота при расширении и реконструкции;
- упрощается комплектация и снабжение при производстве строительно-монтажных работ;
- сокращаются объемы и сроки проектирования.

Применение комплектных устройств является основой индустриализации строительно-монтажных работ при сооружении электрических станций, трансформаторных подстанций и электроустановок промышленных предприятий.

Основные функции ячейки КРУ-104М:

- коммутационные операции в нормальном режиме (включение, отключение)
- отключение аварийных режимов таких как двух, трех фазные КЗ однофазные замыкания на землю.
- отключение потребителя в случае протекания токов перегрузки.

2.2.2 Ячейка ЯКНО-10У1

Распредустройства ЯКНО-10У1, предназначенные для подключения, питания и защиты электрооборудования общей мощностью до 2000кВт. Состоят из силового выключателя с пружинным или электромагнитным приводом, шинного разъединителя, воздушного ввода (который при необходимости может быть заменен на кабельный), кабельного вывода, трансформатора напряжения НТМИ, двух трансформаторов тока, аппаратуры управления, защиты, сигнализации, измерения и учета расхода электроэнергии. В силовую цепь входят: ввод от ЛЭП, разъединитель, силовой выключатель, первичные обмотки трансформаторов тока, кабельный вывод к электроприемнику. К силовой цепи через предохранители ПКТ подключена первичная обмотка трансформатора напряжения.

Управление разъединителем осуществляется с помощью привода, силовым выключателем – ручным приводом типа ПРБА. Цепи управления, защиты, сигнализации и обогрева питаются от вторичных обмоток трансформатора напряжения. Для защиты этих цепей установлен автоматический выключатель. Для защиты служат также реле максимального тока, реле максимального напряжения, реле минимального напряжения, плавкие предохранители. Для защиты от однофазных замыканий на землю установлен трансформатор тока нулевой последовательности с реле максимального тока. Состояние изоляции контролируется вольтметром при соответствующем положении переключателя ПВ.

Сигнализация выполнена лампами зеленого, красного и желтого цвета. При включенном разъединителе горит лампа зеленого цвета, при включенном выключателе – красного цвета, при отключении выключателя от элементов защиты привода – желтого цвета.

При необходимости можно включать нагревательные элементы.

Счетчики активной энергии служат для технического учета электрической энергии. Амперметр служит для контроля нагрузки ячейки

2.2.3 Аппараты для освещения горных выработок типа (АОШ2,5-1(380В/660В)-1(127В/220В)У5)

АОШ2,5-1 предназначен для питания по двухканальной схеме сетей освещения, цепей сигнализации и других потребителей трёхфазных сетей переменного тока в рудниках и шахтах, не опасных по взрыву газа и пыли.

Основные технические характеристики изделия указаны в таблице.

Таблица 1

Номинальное напряжение силовой цепи, В / частота переменного тока в сети, Гц	380/660/50
Номинальное напряжение цепи управления, В / частота переменного тока в сети, Гц	24В/50
Ток холостого хода, %, не более	10
Напряжение короткого замыкания, %, не более	3,5
Время защитного отключения аппарата при сопротивлении утечки 1 кОм и ёмкости сети 0,1 мкФ/фазу, с, не более	0,2
Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке, %, не менее	96
Номинальные значения климатических факторов по ГОСТ 15543 и ГОСТ 15150	У5, УХЛ5
Допустимое отклонение от вертикальной плоскости, °	10
Уровень изоляции согласно ГОСТ Р 51330.20	РН2
Степень защиты изделия по ГОСТ 14254	IP54

Вид системы заземления IT.

Номинальный режим работы – продолжительный.

Способ установки – стационарный, салазками на горизонтальной плоскости или креплением к вертикальной стене.

2.2.4 Рудничный реверсивный магнитный пускатель типа(ПМВИР-41 У5)

Отечественной промышленностью изготавливаются пускатели ПМВИР-41, ПМВИ – 13А, ПМВИ – 23А, ПВИР – 250 и пускатели новой серии ПВИ, которые заменяют соответствующие типоразмеры пускателей ПМВИ. Все серийно изготавливаемые пускатели имеют искробезопасные параметры цепей управления с коэффициентом искробезопасности 2 или 2,5. И предназначен для управления и защиты асинхронных двигателей.

Конструктивно магнитные пускатели серии ПМВИР-41 представляют собой трехполюсный контактор, который вместе с разъединителем, понижающим трансформатором, блоком управления и защиты, максимальным и промежуточном реле и другими элементами заключены во взрывонепроницаемую оболочку. Разъединитель заблокирован с кнопкой «стоп», поэтому выключить его можно только после отключения нагрузки контактором. Разъединитель заблокирован также с крышкой пускателя так, что при снятой крышке включить его не возможно. Пускатели ПВИ в отличие от пускателей серии ПМВИ имеют оболочку с быстрооткрываемой крышкой. Кроме того, реверсивный выключатель у этих пускателей смонтирован в отдельной взрывонепроницаемой камере и соединен с сетевой камерой и камерой контактора с помощью проходных зажимов.

2.2.5 Рудничный реверсивный пускатель взрывобезопасного исполнения типа(ПВР250 УХЛ5 (660/1140В) 50Гц 250А IP54)

Пускатель ПВР250 предназначен для дистанционного управления включением и отключением трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, эксплуатируемых в трехфазных сетях переменного тока частотой 50Гц с изолированной нейтралью трансформатора в угольных шахтах, опасных по газу (метану) и угольной пылью.

Пускатель представляет собой взрывонепроницаемую оболочку, состоящую из корпуса, быстрооткрываемой крышки, крышек вводного и выводного отделений, кабельных вводных устройств. В корпусе расположена панель, на которой установлен вакуумный контактор трансформатора напряжения реверсор. На наружной боковой поверхности корпуса справа установлены рукоятка привода включения разъединителя, толкатель кнопочного выключателя кнопки «стоп» и скоба механической блокировки с быстрооткрываемой крышкой.

Механическая блокировка разъединителя с быстрооткрываемой крышкой предназначена для обеспечения безопасности обслуживания пускателя в условиях эксплуатации. Запирание крышки осуществляется при помощи разжимного кольца, приводимого в действие рычагами, поворотам держателя привода замка быстрооткрываемой крышки.

Конструкцией пускателя предусмотрено возможность установки пломбы на приводе замка быстрооткрываемой крышки в закрытом положении или навеска замка на рукоятке включения разъединителя в положении «ОТКЛ».

2.2.6 Рудничный автоматический выключатель нормального исполнения типа(ВРН 125-А 1(380В) С У5 IP54)

Назначение и область применения ВРН-125 А1

ВРН-125 А1 предназначен для работы в трехфазных сетях переменного тока с изолированной нейтралью в рудниках и шахтах предприятий горнорудной промышленности не опасных по взрыву газа и пыли, для защиты электроустановок от токов короткого замыкания, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы сетей с напряжением 380 и 660 В, частотой 50 Гц.

Устройство обеспечивает следующие виды защит:

Электрическая схема изделия обеспечивает следующие виды защиты:

- защиту от токов короткого замыкания отходящих выключателя силовых цепей;
- световую сигнализацию о включении выключателя;
- световую сигнализацию о срабатывании максимальной токовой защиты ПМЗ;
- проверку действия максимальной токовой защиты ПМЗ;
- блокирование включения выключателя при срабатывании максимальной токовой защиты ПМЗ;
- контроль сопротивления изоляции в отходящих от аппарата силовых цепях (ВР РУ).

Для защиты персонала от поражения электрическим током предусмотрены следующие меры защиты:

- внутри корпуса силовая цепь закрыта от прикосновения;
- при снятии, открывании крышки предусмотрена блокировка;
- зажимы для проводников имеют маркировку знака заземления;
- корпус заземляется;
- цепи управления защищены автоматическим выключателем от короткого замыкания.

2.2.7 Рудничный автоматический выключатель взрывобезопасного исполнения типа(АФВ 2А У5)

Выключатель АФВ 2А предназначен для работы в трехфазных сетях переменного тока с изолированной нейтралью в рудниках и шахтах предприятий горнорудной промышленности опасных по взрыву газа и пыли, для защиты электроустановок от токов короткого замыкания, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы сетей с напряжением 380 и 660 В, частотой 50 Гц.

На боковой части корпуса дополнительно предусмотрены два смотровых окна для визуального наблюдения за положением контактов блокировочного разъединителя;

Дополнительно установлена контактная стойка, обеспечивающая заземление подвижных контактных губок разъединителя в отключенном положении;

В выключателе установлены два блока ДО, и отсутствует устройство БРУ.

2.2.8 Рудничный реверсивный магнитный пускатель нормального исполнения типа(ПРН63Б 1 (380В)50Гц 63 У5)

Назначение и область применения ПРН-Б

ПРН-Б предназначен для управления, реверсирования и защиты электрических двигателей стационарных и передвижных механизмов, эксплуатируемых в трёхфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью трансформатора, на предприятиях горнорудной промышленности, в рудниках и шахтах, не опасных по взрыву газа и пыли.

Технические характеристики

ПРН-Б в стандартном исполнении изготавливается на базе контактора КТ7223У. По желанию потребителя он может быть заменён на контактор вакуумный КВ1-160 (250, 400, 630).

Номинальное напряжение силовой цепи – 380В или 660В, 50 Гц.

Номинальное напряжение цепи управления – 36В, 50

Номинальный режим работы – продолжительный, прерывисто-продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный.

В повторно-кратковременном режиме нормальных коммутаций пускатель допускает работу в категории применения АС-3 с частотой до 600 циклов включений-отключений (ВО) в час при относительной продолжительности включения (ПВ) до 60%, и категории применения АС-4 с частотой циклов ВО до 1200 в час при ПВ до 2,5% при продолжительности не более двух минут.

Электрическая схема изделия обеспечивает один из следующих видов управления пускателем:

- дистанционное ручное при помощи кнопочного поста управления, встроенного в машину или установленного отдельно;
- дистанционное автоматическое от замыкающего вспомогательного контакта контактора другого пускателя или датчика.

При любом виде управления возможно отключение пускателя при помощи кнопки «Стоп», встроенной в корпус пускателя

Пускатель обеспечивает следующие виды защит, электрических блокировок и сигнализации:

- защиту от токов короткого замыкания отходящих силовых цепей;
- контроль сопротивления изоляции в отходящих от аппарата силовых цепях;
- защиту от потери управляемости при обрыве или замыкании проводов дистанционного управления;
- защиту от обрыва или увеличения сопротивления заземляющей жилы

свыше 100 Ом (на отключение);

- нулевую защиту;
- защиту от самовключения пускателя при повышении напряжения питающей сети до 150% номинального;
- защиту от опрокидывания двигателя (перегрузки по току) и сигнализацию о срабатывании защиты.

Таким образом, при модернизации и разработки новых стендов с применением вышеуказанного оборудования необходимо продемонстрировать основные функции выше указанных устройств

3. Общие технические и проектные решения по модернизации лабораторной работы по курсу «Электроснабжение горных предприятий».

3.1 Состояние лаборатории до модернизации.

Лаборатория «Электроснабжение горного производства» расположена в учебном корпусе на первом этаже в аудитории 109б. До модернизации лаборатория «Электроснабжение горного производства» была совмещена с лабораторией релейной защиты. Это не позволяло расширить функциональные возможности по курсу электроснабжение горных предприятий. В частности отсутствовали электрические аппараты рудничные нормального исполнения. Приключательный пункт типа ЯКНО-10У1 выступал в роли наглядного образца, ячейка К-104М могла продемонстрировать отдельные свои функции. Электрические аппараты взрывобезопасного исполнения выступали как устройство, на котором можно было изучать только конструкцию данных аппаратов. Отсутствовали аппараты рудничного освещения.

План лаборатории до модернизации показан на рисунке 3.1.

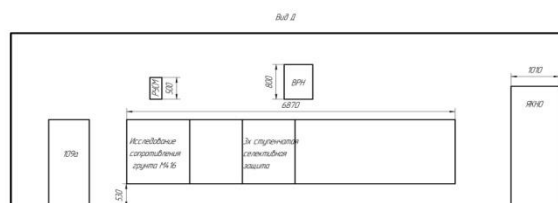
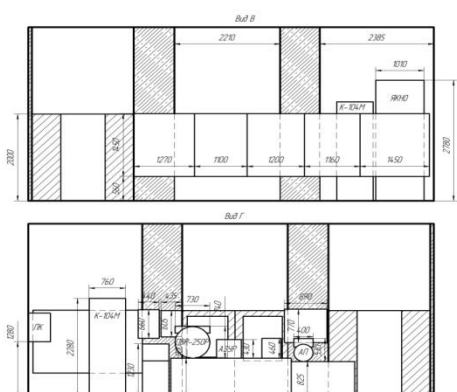
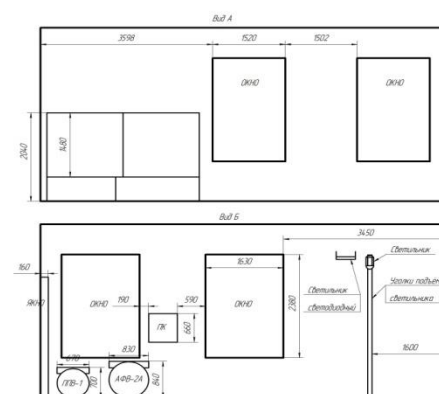


Рисунок 3.1- План расположения лабораторных стендов до модернизации.



Рисунок 3.2 -Лаборатория «Электроснабжения горного производства» до модернизации.



Рисунок 3.3- Внешний вид автоматических выключателей и магнитных пускателей по курсу «Электроснабжение горного производства» до

модернизации.



Рисунок 3.4- Стенды по курсу релейная защита и «Электроснабжение горного производства» до модернизации.

Отметим, что часть лабораторных стендов была расположена в проходе между аудиторией 109а и 109б, что ограничивало число студентов по изучению следующих лабораторных работ: исследование трехступенчатой токовой защиты в сетях до 1000 В и исследование конструкции и основных функций ячейки К-104М, что не соответствует новым требованиям санитарной и пожарной безопасности.

3.2 План расположения и внешний вид модернизированной лаборатории «Электроснабжение горного производства»

При модернизации лаборатории «Электроснабжение горного производства» были приняты следующие решения, на основе которых было спланировано расположение стендов в данной лаборатории:

- разделить лаборатории по курсу релейной защиты и электроснабжение горных предприятий и расположить их в разных помещениях.
- лабораторные стенды расположенные в проходе между аудиториями 109б и 109 а поместить в аудиторию 109б;
- восстановить функциональные возможности ячейки ЯКНО-10У1 и ячейки К-104М;

- План лабораторії після модернізації показан на рисунку 3.5.

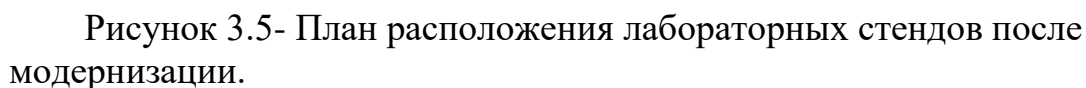




Рисунок 3.6- Трехступенчатая селективная защита в сетях до 1000В.



Рисунок 3.7- Стационарная ячейка К-104М.



Рисунок 3.8- Ячейка ЯКНО-10У1.

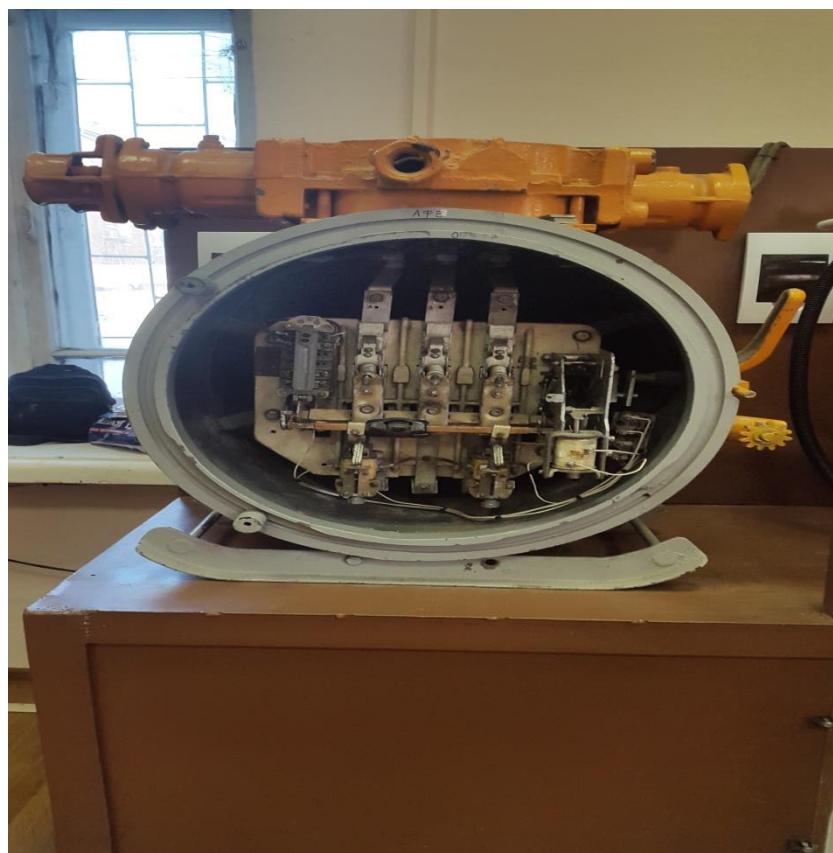


Рисунок 3.9 - Рудничный автоматический выключатель взрывобезопасного исполнения типа(АФВ 2А У5).



Рисунок 3.10- Рудничный реверсивный магнитный пускатель типа(ПВР-250)

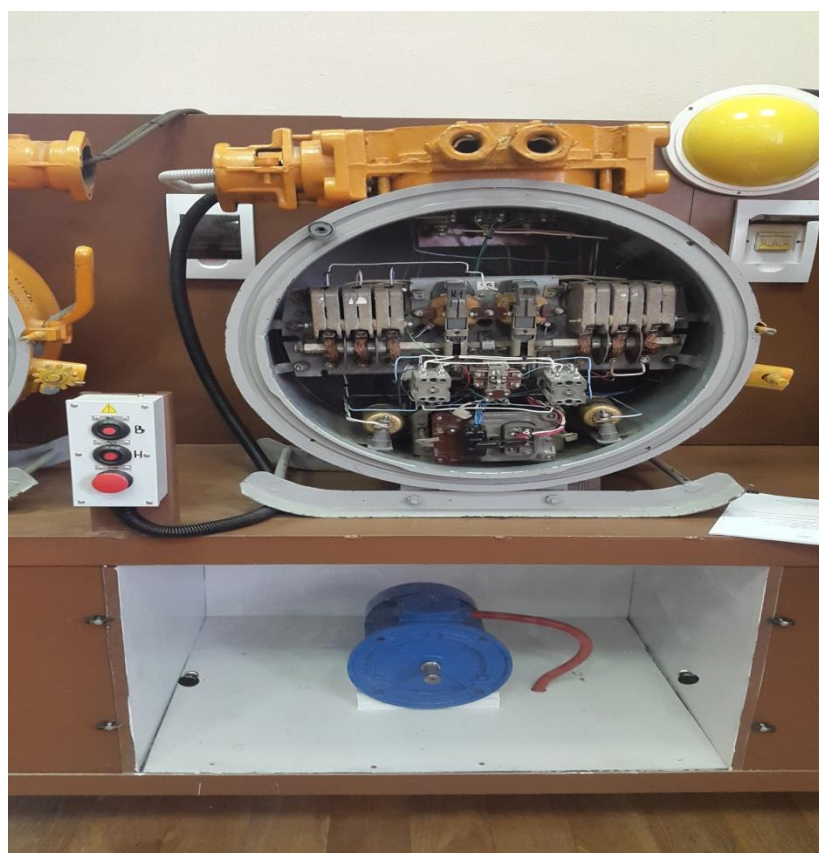


Рисунок 3.11- Рудничный реверсивный пускатель взрывобезопасного исполнения типа ПМВИР-41.



Рисунок 3.12- Аппараты для освещения горных выработок типа (АОШ2,5-1(380В/660В)-1(127В/220В)У5).



Рисунок 3.13- Рудничный реверсивный магнитный пускатель нормального исполнения типа ПРН63Б 1.



Рисунок 3.14- Рудничный автоматический выключатель нормального исполнения.



Рисунок 3.15- ЯКНО-10У1 и К-104М вид сзади.

Из всех представленных в лаборатории 109а стендов были выбраны только те, которые относятся к курсу «Электроснабжение горного производства». Остальные стенды были демонтированы и перенесены в аудиторию 309а.

3.3 Разработка прогрузочного стенда с выходным током до 1100А

Для создания реальных токов аварийных режимов, на которых должны реагировать максимально токовые защиты или токовые отсечки автоматических выключателей и магнитных пускателей необходимым образом должно работать специальное устройство. Специальное устройство – прогрузочное устройство было разработано на основе трех фазного трансформатора типа ТСЗИ – 2.5 мощностью 2500 вА принципиальная электрическая схема приведена на рисунке 3.16.

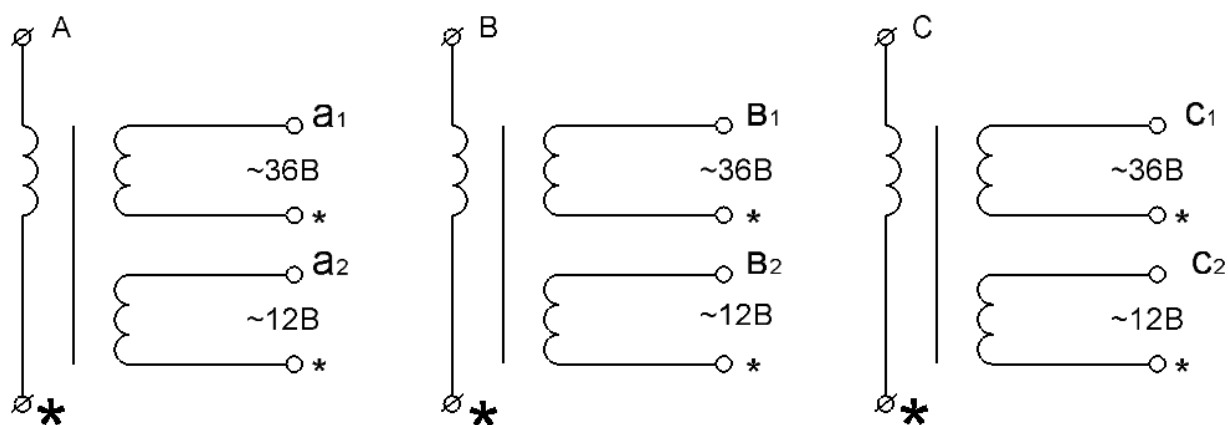


Рисунок 3.16- Принципиальная схема прогрузочного трансформатора.

Для прогрузочного устройства первичные обмотки трансформатора фаз А и В соединялись последовательно и согласно. На основе сохранения закона полного тока:

$$I_1 W_2 = I_2 W_1$$

Где I_1 и I_2 – соответствие тока первичной и вторичной обмотки трансформатора

W_1 W_2 – соответствие количестве витков первичной и вторичной обмотках

При этом $W_1 = W_{1A} + W_{1B}$

Где W_{1A} и W_{1B} – соответствует количеству витков первичных обмоток фаз А и В

Фаза С была демонтирована и вместо фазы С было намотано два витка медной шины сечением 180мм².

Учитывая что число витков в первичной обмотки фаза А составляет 1100шт., а максимальное значение не должно превышать 10А согласно закону полного тока ток во вторичной обмотки может достигать величины равной:

$$I_2 = \frac{I_1 W_1}{W_2} = \frac{10 * 2200}{2} = 1100A$$

При этом мощность нагрузки при максимальном токе на вторичной обмотке равной 1100А составит: 2400вА, что не превышает номинальную мощность трансформатора. Для плавного регулирования тока во вторичной обмотке трансформатора первичная обмотка подключалась к автотрансформатору мощностью 3000вА электрическая схема установки для плавного регулирования тока во вторичной обмотки трансформатора приведена на рисунке 3.17.

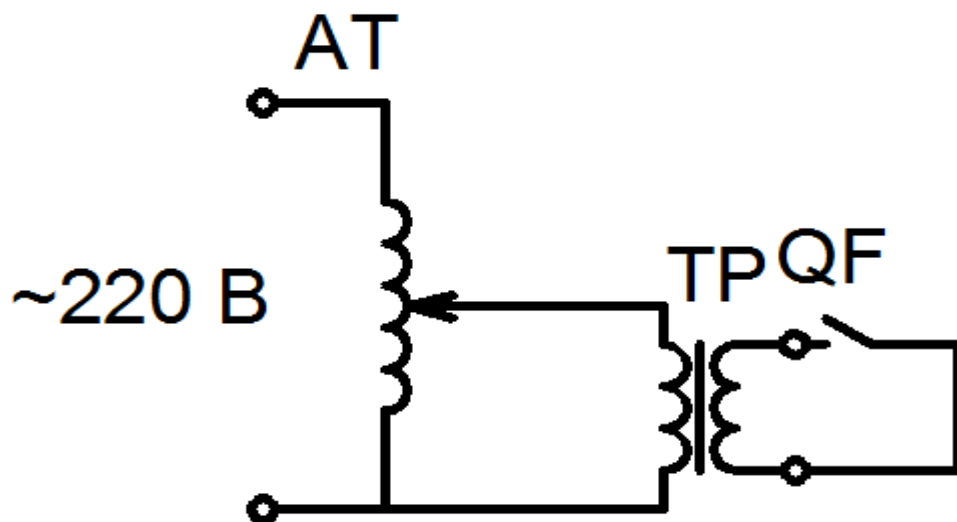


Рисунок 3.17- Схема плавного регулирования тока во вторичной обмотки трансформатора.

При этом вторичная обмотка погрузочного трансформатора работает в режиме короткого замыкания. Принципиальная электрическая схема стенда представлена на рисунке 3.18.

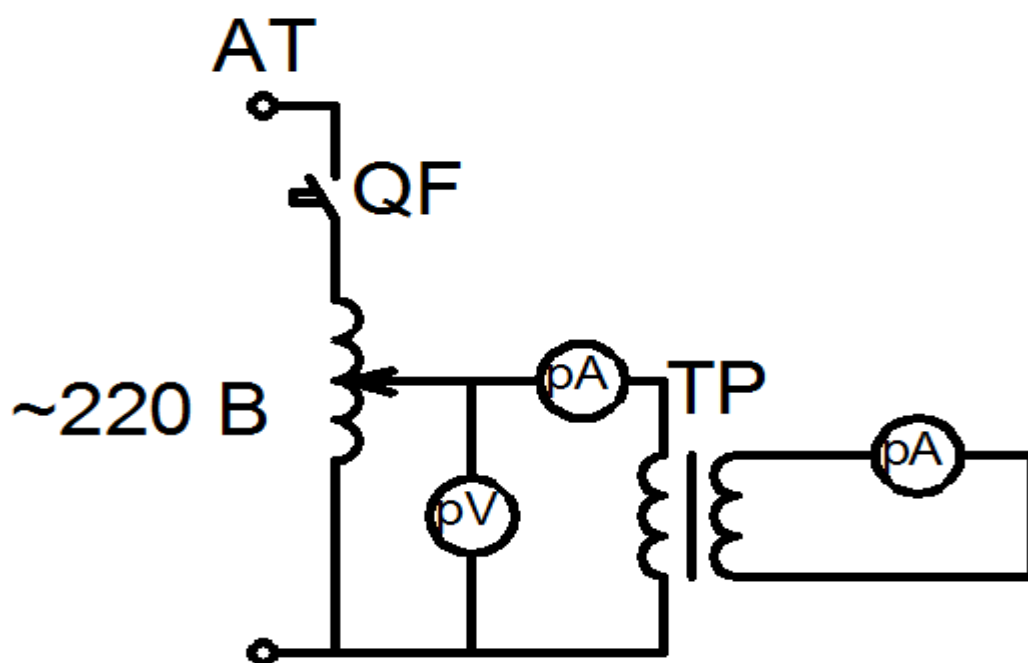


Рисунок 3.18- Принципиальная электрическая схема погрузочного стенда.

Внешний вид погрузочного стенда приведен на рисунке 3.19.

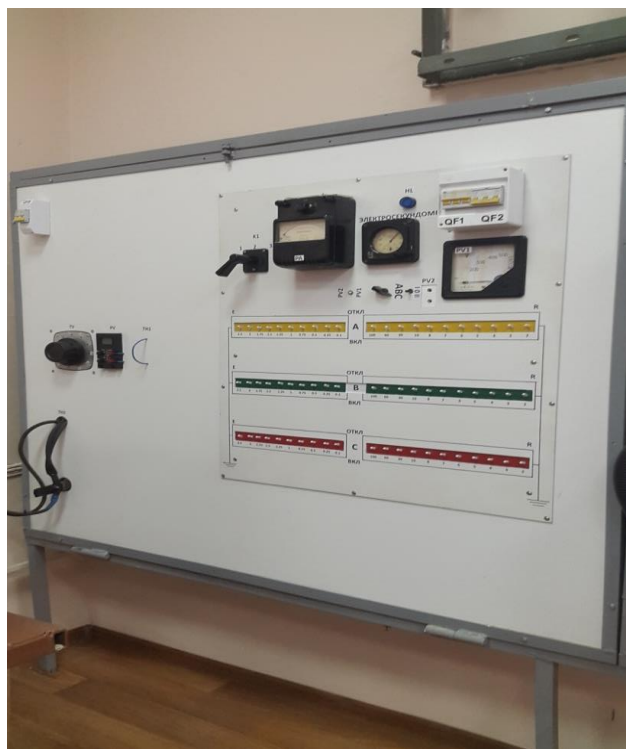


Рисунок 3.19- Прогрузочный стенд.

Принцип работы стенда и последовательность операции состоит в следующем:

- Ручка латора находится на отметки 0 т.е. напряжение на прогрузочный трансформатор не поступает.
- Включаем автоматический выключатель F1 и медленно через автотрансформатор подаем напряжение на первичную обмотку прогрузочного трансформатора. Напряжение увеличивается до тех пор пока не достигнем требуемого значения тока во вторичной обмотке значение тока во вторичной обмотке фиксируется с помощью амперметра A2, с помощью амперметра A1 фиксируется значение тока в первичной обмотки трансформатора. Напряжение на первичной обмотке трансформатора с помощью вольтметра (ПВ).
- Защиту устройства от перегрузки выполняет автоматический выключатель который отключает установку от сети если ток через обмотку автотрансформатора превышает 11А.

Данный стенд используется для прогрузки автоматического выключателя в рудничном нормальном исполнении и автоматического выключателя во взрывобезопасном исполнении.

4. Разработка стенда по «исследованию трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».

4.1 Конструкция и основные характеристики стенда

Расположен стенд на внутренней стене аудитории 109б, изготовлен из современных экологически чистых и негорючих материалов. Стенд представляет собой лист ЛДСП16 белого цвета размером 1385x1270 подвешенный на стене при помощи металлических уголков. Он может откидываться и фиксироваться цепями для обслуживания и проведения наладочных работ.

Внешний вид стенда трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В.

На лицевой панели управления стенда расположены:

- 1) Автоматические выключатели QF4, с индикаторами контроля подачи напряжения.
- 2) ЛАТР (TV1)
- 3) Секундомер (PT).
- 4) Амперметр (РА1 и РА2).
- 5) Три навесных светильника (HL1, HL2, HL3)
- 6) Автоматические выключатели (QF1, QF2, QF3)
- 7) Тумблера 2П (SA3, SA4).
- 8) Лампы сигнализации (HLF).
- 9) Кнопка (SB1).
- 10) УЗО (QF5)
- 11) Миллиамперметр Э524
- 12) Сопротивление (R2)
- 13) РУСМ 5115

Трансформатор напряжения (TV2) расположен внутри стенда.

Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) (TV1) расположен вертикально, для удобства изменения показаний величин тока. Корпус ЛАТРа защищен от случайного соприкосновения студентов с токоведущими частями, внешней перегородкой.

Доступ к токоведущим частям полностью ограничен конструктивным исполнением стенда из изоляционного материала. Все токоведущие части стенда выполнены в двойной изоляции.

Помещение, в котором установлен стенд имеет окрашенные в светло-бежевый цвет стены. Пол – деревянный, покрытый линолеумом, способ уборки - влажный.

Система отопления - централизованное, вид теплоносителя - горячая вода до 85⁰С.

Помещение, в котором установлен стенд имеет температуру окружающего воздуха +25⁰С при относительной влажности 45%. Вентиляция помещения - естественная. С помощью окон обеспечивается кратность

воздухообмена при скорости движения воздуха до 0,5 м/с согласно ГОСТ 30494.

Электроснабжение: стенд подключен к сети переменного тока напряжением 220В. На входе питания в стенд установлен автоматический выключатель ВА47-29, который выполняет функции выключателя и защиты при коротких замыканиях и перегрузках. Питание стенда выполнено путем подключения гибкого кабеля с двойной изоляцией.

Электробезопасность: эксплуатационному и ремонтному персоналу запрещается производить ремонтные работы стенда, без отключения вводного автоматического выключателя на стенде, и в распределительном электрошите аудитории №109 б.

4.2 Конструкция и внешний вид лабораторного стенда.

Конструкция и внешний вид лабораторного стенда отображает реальные условия применения селективной защиты. На рисунке 4.1 приведена конструкция и внешний вид лабораторного стенда.



Рисунок 4.1 - Конструкция и внешний вид лабораторного стенда.

Ниже приведены рисунки внешнего вида отдельных узлов и задней стенки лабораторного стенда.



Рисунок 4.2 - Внешний вид ЛАТР.



Рисунок 4.3 - Внешний вид амперметров и электросекундомера.

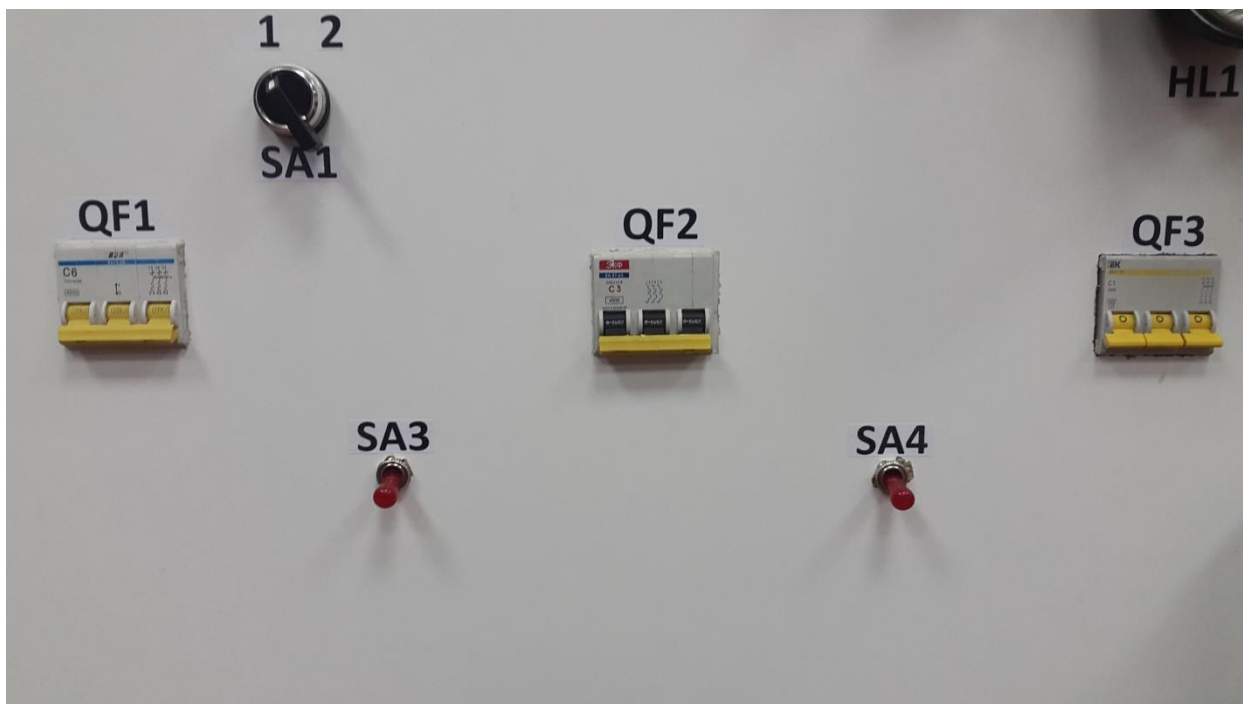


Рисунок 4.4 – Внешний вид автоматических выключателей и переключателей.



Рисунок 4.5 - Внешний вид РУСМ 5115.



Рисунок 4.6 – Внешний вид УЗО и миллиамперметра.

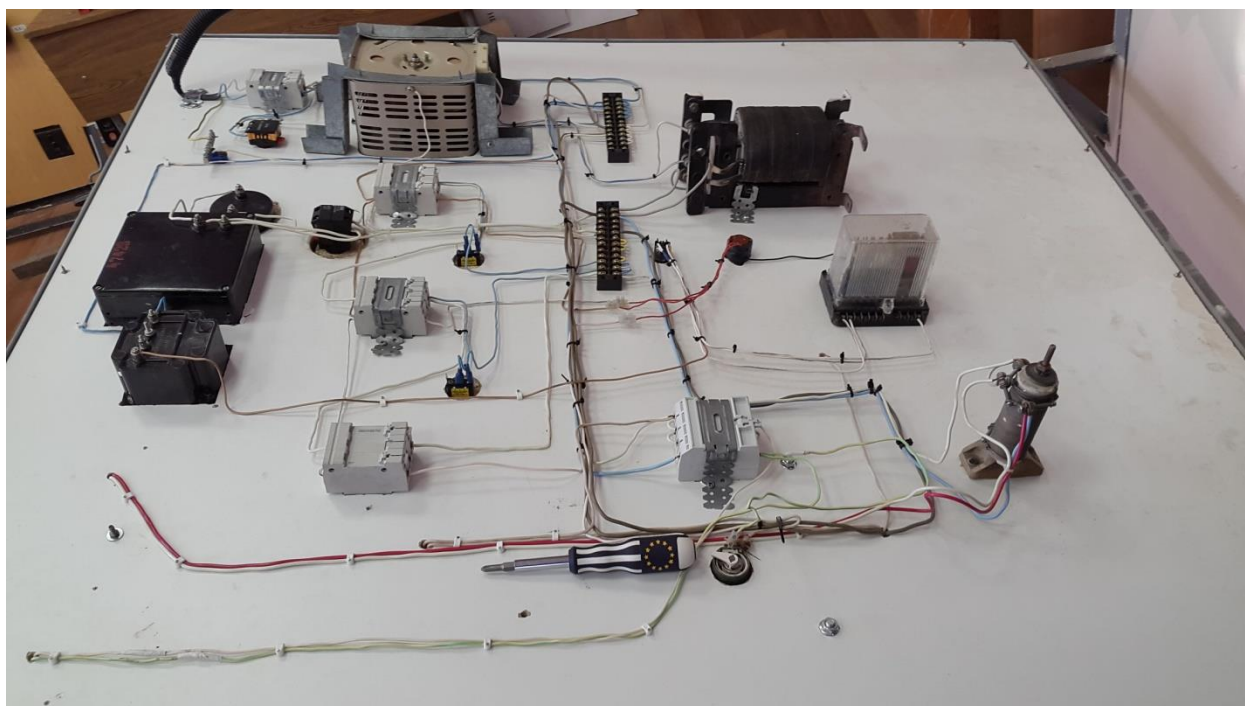


Рисунок 4.7 – Внешний вид задней стенки лабораторного стенда.

4.3. Назначение и принцип работы стенда.

В лабораторной работе по «исследование трехступенчатой токовой защиты в сетях до 1000 В», можно смоделировать следующие основные функции:

- Снятие данных для времятоковых и энергетических характеристик
- Определение уставки срабатывания по току короткого замыкания
- Исследование селективности
- Исследование работы УЗО
- Срабатывание теплового реле РУС5115 по току КЗ

Ход выполнения работы

1. Снятие данных для времятоковых и энергетических характеристик:

1.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Переключатель SA1 установить в положение II. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Переключатель SA2 установить в положение III. Сбросить показания секундомера. Схема готова к работе для снятия времятоковой характеристики автомата QF3.

1.2. Включить QF4. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF3 и записать показания секундомера в таблицу. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

1.3. Переключатель SA1 установить в положение II для измерения токов до 10А, а в положение I - от 10 до 30А. Включить SA4. Переключатель SA2 установить в положение II. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF2 и записать показания секундомера в таблицу. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

1.4. Переключатель SA1 установить в положение II для измерения токов до 10А, а в положение I - от 10 до 30А. Включить SA3. Переключатель SA2 установить в положение I. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF1 и записать показания секундомера в таблицу. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

1.5. Выключить QF4

2. Определение уставки срабатывания по току короткого замыкания

2.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Переключатель SA1 установить в положение II. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Схема готова к работе.

2.2. Включить QF4. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра РА2, до отключения QF3. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки.

2.3. Включить SA4. Переключатель SA1 установить в положение I. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра РА1, до отключения QF2. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки.

2.4. Включить SA3. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра РА1, до отключения QF1. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Выключить QF4.

2.5. Сделать выводы.

3. Исследование селективности:

3.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Переключатель SA1 установить в положение I. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора по часовой стрелке. Схема готова к работе.

3.2. Включить выключатель QF4. Проследить какой из автоматических выключателей отключится (должен отключиться QF3). Затем включить SA4 (должен сработать QF2). Включить SA3 (сработает QF1). Выключить QF4.

3.3. Сделать выводы.

4. Исследование работы УЗО:

4.1. Установить сопротивление утечки R2 в нулевое состояние, выкрутив рукоятку до упора против часовой стрелки.

4.2. Включить QF4, затем включить QF5 и плавно поворачивать рукоятку сопротивления утечки R2 по часовой стрелке, одновременно следя за показаниями миллиамперметра вплоть до срабатывания УЗО. Запомнить значение тока, при котором произошло срабатывание УЗО.

4.3. Сделать выводы.

5. Срабатывание теплового реле РУС5115 по току КЗ

5.1 Установить рукоятку ЛАТРа в нулевое положение, выкрутив до упора против часовой стрелки.

5.2 Включаем QF4, загорается лампочка

5.3 На тепловом реле РУСМа выставаем ток уставки

5.4 Включаем автоматический выключатель, нажимаем кнопку пуск загорается лампочка HL3, свидетельствующая о сборке в цепи пускателя.

5.6 Плавнo поворачиваем рукоятку ЛАТРА по часовой стрелке увеличивая ток в цепи пускателя одновременно следя за показаниями амперметра РА2 вплоть до срабатывания теплового реле, о чем нас проинформирует лампочка QF3. Запомнить значение тока, при котором произошло срабатывание теплового реле, занести результат в таблицу.

5.7 Увеличиваем ток уставки реле и проводим предыдущие операции в том же порядке. Записать результаты в таблицу. Количество замеров уточнить у преподавателя.

6. Построение времятоковых и энергетических характеристик

6.1. Построение времятоковых характеристик

Для удобства построения времятоковых характеристик, из-за большого разброса значений времени и тока строить графики рекомендуется в логарифмической шкале, при этом ток перевести в кратность $\frac{I}{I_n}$, где I – снятые показания тока, I_n - номинальный ток расцепителя автоматического выключателя.

5. Методические обеспечения для выполнения лабораторной работы.

5.1 Исследование селективности трехступенчатых защит в сети низкого напряжения

Цель работы

1. Изучение селективной работы трехступенчатой защиты низковольтных объектов и устройства защитного отключения (УЗО).
2. Снятие времятоковых характеристик автоматических выключателей .

Общие сведения об автоматических выключателях

Автоматический выключатель — это механический коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальном состоянии электрической цепи, а также включать, проводить в течение заданного времени и автоматически отключать токи в указанном аномальном состоянии электрической цепи, (например при токах перегрузки, КЗ, недопустимых снижения напряжения). Основными параметрами автоматического выключателя являются: номинальное напряжение, отключающая способность – максимальный отключаемый ток без разрушения выключателя, номинальный ток расцепителя, коэффициент отсечки.

Тепловые и полупроводниковые расцепители осуществляют срабатывание выключателя в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, обратно зависимой от тока защищаемой цепи.

Эта зависимость описывается времятоковой характеристикой, представленной в нормативно-технических документах (ТУ, каталогах) в виде графика, имеющего две ветви, при этом время срабатывания выключателя находится в зоне, ограниченной ими. На рис. 4.1 представлена времятоковая характеристика выключателей серии ВА47 с характеристикой типа С на номинальные токи до 32 А.

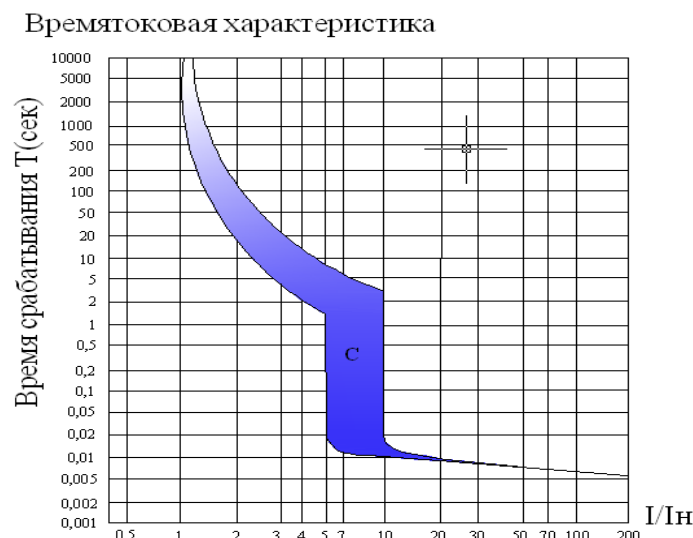


Рис. 5.1 – Времятоковая характеристика выключателя ВА47 на номинальные токи до 32 А

Согласно ГОСТ Р 50030.2-99 размыкание максимального расцепителя тока в условиях КЗ должно происходить с погрешностью 20 % от тока уставки при любых значениях токовой уставки этого расцепителя. Размыкание в условиях перегрузки мгновенное или с независимой выдержкой времени должно происходить с погрешностью 10 % от значения тока срабатывания токовой уставки при любых значениях токовой уставки теплового расцепителя, либо с обратозависимой выдержкой времени. Условные параметры срабатывания с обратозависимой выдержкой времени определены следующими критериями: условный ток нерасцепления $I=1,05I_n$ – это ток при котором, в условиях нагрузки всех фазных полюсов расцепителя, расцепление должно происходить не ранее чем истечет условное время (1 час при $I_n \leq 63$ А) от холодного состояния, т.е. когда выключатель находится при контрольной температуре (контрольной называют температуру окружающего воздуха, к которой относится времятоковая характеристика выключателя); условный ток расцепления $I=1,3I_n$.

5.2. Общие сведения об УЗО

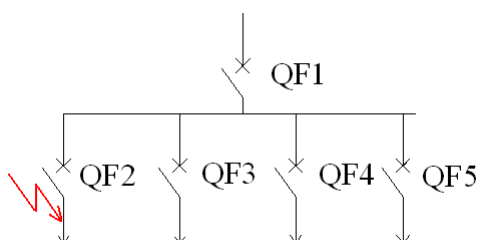
Функционально УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке. Работа УЗО дифференциального типа основана на применении электромагнитного векторного (по амплитуде и фазе) сумматора токов – дифференциального трансформатора тока (рис. 4.2).

5.3. Понятие селективности

Селективность - способность последовательно установленных защитных устройств, через которые протекает один и тот же сверхток, ограничить количество отключаемого оборудования за счет отключения защитного устройства, находящегося непосредственно выше места возникновения нарушения.

Цель селективности - избежать отключения группы приемников при появлении нарушения в одной из защищаемых линий. Например: если при двух последовательно соединенных защитных аппаратах (QF1 и QF2) произошло короткое замыкание ниже QF2, то соответственно должен сработать тот аппарат, после которого и произошло повреждение (рис.5.3).

Рис. 5.3 – Последовательное соединение автоматических выключателей: QF1 –



1-ая ступень (ввод); QF2, QF3, QF4, QF5 – 2-я ступень (группа электроприемников)

Основные виды селективности: токовая; временная; энергетическая.

Временная селективность обеспечивается, если автоматический выключатель, расположенный выше (QF1), имеет задержку отключения (Δt), достаточную для того, чтобы при коротком замыкании отключился только автоматический выключатель, расположенный, ниже (QF2) (рис. 4.4,а), причем данный вид селективности будет обеспечиваться в том случае если электромагнитный расцепитель QF1 имеет большее время срабатывания в $1,7 \div 3$ раза чем у QF2 в зоне токов КЗ или QF1 имеет уставку по времени (выключатели с электронным расцепителем).

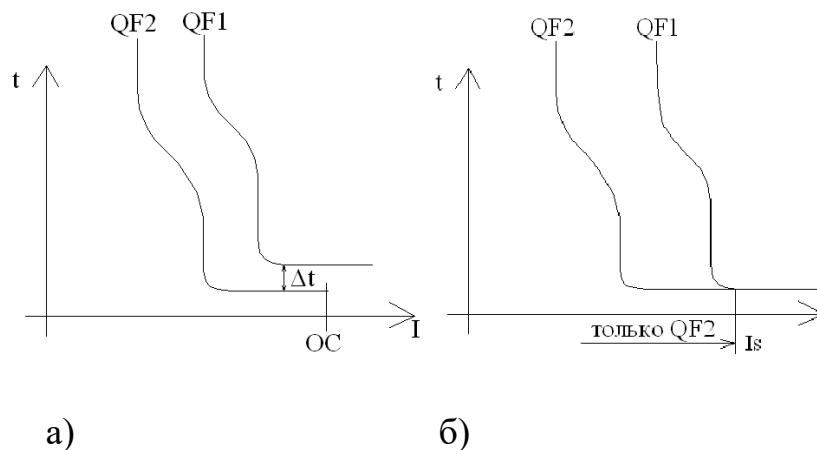


Рис. 5.4: - а) временная селективность; б) токовая селективность

Токовая селективность обеспечивается частичная селективность до порога срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя, расположенного выше (QF2). В основном она используется в конце линии, где протекают малые токи КЗ (рис. 5.4,б), где I_s – ток селективности, т.е. в пределах которого будет срабатывать выключатель расположенный ниже (QF1).

Энергетическая селективность заключается в оценке способности автоматического выключателя ограничивать ожидаемый сверхток в защищаемых им электрических цепях. Энергетическая селективность определяется характеристикой I^2t (рис. 5.5).

Характеристика I^2t – кривая, отражающая максимальные значения I^2t , как функцию ожидаемого тока в указанных условиях эксплуатации.

Характеристика I^2t применяется для определения возможности обеспечения селективной работы при коротких замыканиях последовательно включенных автоматических выключателей или плавкого предохранителя и автоматического выключателя.

Данные по энергетическим характеристикам должны предоставлять фирмы производители автоматических выключателей. Либо их можно получить путем анализа времятоковых характеристик или же опытным путем.

Значения характеристики I^2t для конкретных токов — так называемый «интеграл Джоуля» — интеграл квадрата силы тока по данному интервалу времени (t_0, t_1) определяется по следующей формуле:

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt, \quad (7.1)$$

где: i – пиковое значение ожидаемого тока КЗ, I – действующее значение тока КЗ, t – время.

Левая часть энергетических характеристик соответствует работе теплового расцепителя. Правая часть энергетических характеристик соответствует работе электромагнитного расцепителя.

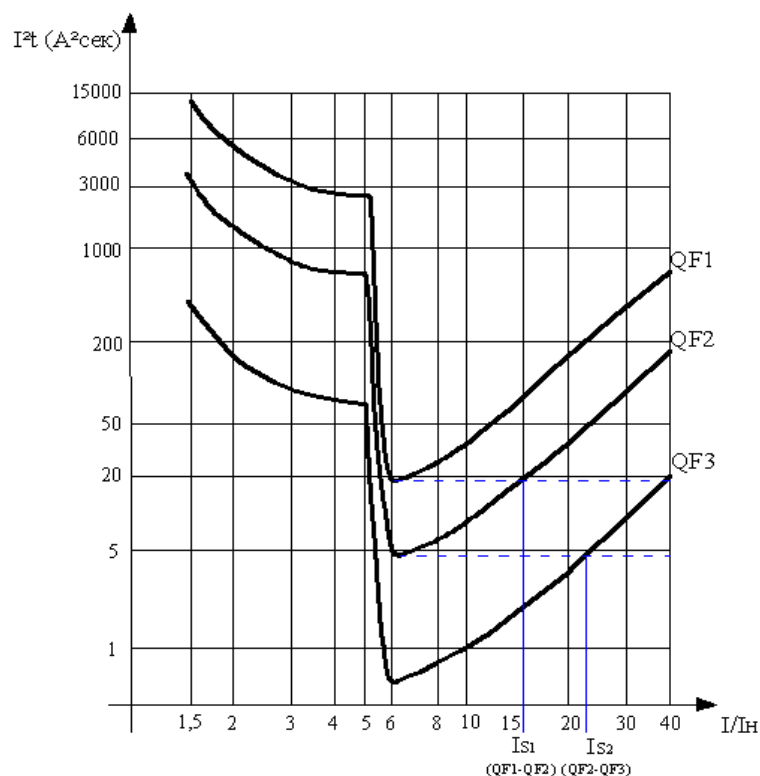


Рис. 5.5 – Энергетические характеристики для определения селективности

На (рис 4.5) показаны характеристики I^2t , снятые с времятоковой характеристики (рис. 4.1), для выключателей ВА47:

QF1 ($I_n=6$ A), QF2 ($I_n=3$ A) и QF3 ($I_n=1$ A). Где I_{S1} , I_{S2} – предельный ток селективности, т.е. в пределах которого будет обеспечиваться селективность, I_{S1} – для выключателей QF1 и QF2, а I_{S2} - для выключателей QF2 и QF3.

Сравнивая энергию, проходящую через автоматический выключатель расположенный ниже с уровнем энергии, необходимой для срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя, расположенного выше – получаем границу предельного тока селективности (I_S).

Для распределительных сетей низкого напряжения цехов предприятий характерны три уровня электроснабжения (рис. 5.6).

Уровень А (трансформаторная подстанция) – наиболее важная часть сети НН. Надежность (бесперебойность) электроснабжения является основным требованием на этом уровне.

Токи КЗ на этом уровне достигают высоких значений из-за близости к источнику питания. Это уровень, где применяются автоматические выключатели рассчитанные на большие номинальные токи и как правило с электронным расцепителем. При КЗ некоторое время они должны оставаться во включенном состоянии, чтобы нижестоящие выключатели смогли устранить повреждение. Поэтому данные аппараты срабатывают с выдержкой времени.

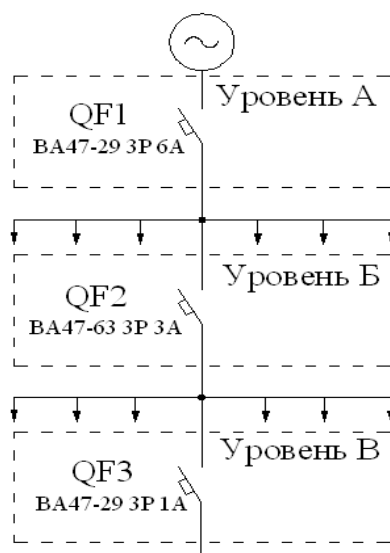


Рис. 5.6- Модель трехступенчатой защиты

Уровень Б включает в себя - главный распределительный щит, а также может включать и промежуточные распределительные пункты. Особенности этого уровня: распределение электроэнергии по кабельным линиям и шинопроводам; удаленность от источника питания, как правило, небольшая, поэтому токи КЗ могут достигать больших значений; очень важно обеспечить бесперебойное электроснабжение. Автоматические выключатели на уровне Б должны ограничивать тепловые и электродинамические воздействия и быть полностью скоординированными с вышерасположенными и нижерасположенными устройствами защиты.

Уровень В – конечное распределение электроэнергии. На этом уровне автоматические выключатели защищают непосредственно конечного потребителя. Таким образом, должна быть обеспечена селективность с вышестоящими выключателями. Здесь характерны малые значения токов КЗ, из-за относительно большой протяженности линии и малых сечений проводников. На данном уровне для защиты от КЗ можно ограничиться токовой селективностью.

5.4. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из трех последовательно включенных трехполюсных автоматических выключателей: QF1, QF2, QF3. Которые включены в цепь нагрузки (R1, HL1), через прогрузочный трансформатор TV2 (рис. 5.7).

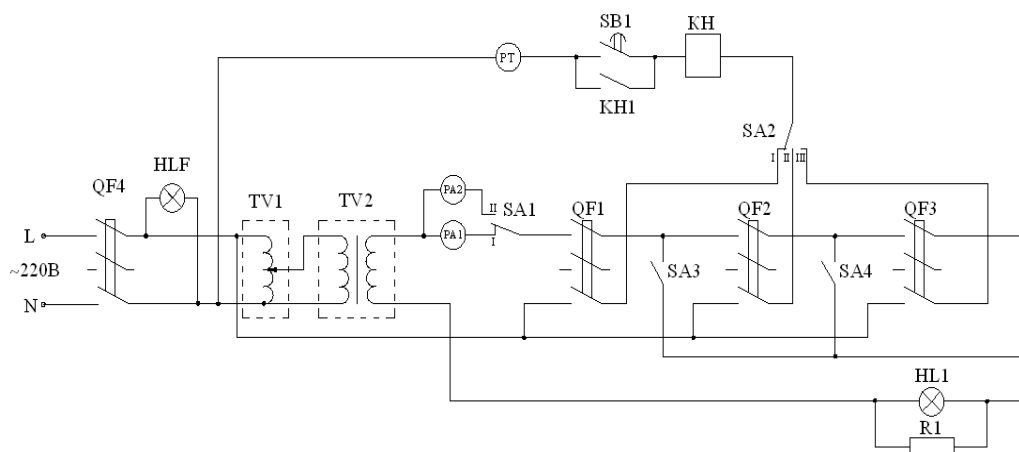


Рис. 5.7- Принципиальная схема лабораторной установки

Модель трехступенчатой защиты разработана на автоматических выключателях с низкими номинальными токами. На уровне А автоматический выключатель – ВА47-29 3Р - 6А характеристика С ток отсечки (5-10) I_n . На уровне Б – ВА47-63 3Р - 3А х-ка С. На уровне В - ВА47-29 3Р - 1А х-ка С. Для прогрузки автоматических выключателей используем ЛАТР TV1 и прогрузочный трансформатор TV2 (смотри рис. 5.7), которые позволяют, прогрузить испытуемые автоматические выключатели на токи до 40 А. Величина прогрузочного тока задается при помощи ЛАТРа TV1. Измерение этого тока производится при помощи амперметров PA1 (до 30 А) и PA2 (до 10 А) переключение между которыми осуществляется переключателем SA1. Измерение времени срабатывания автоматических выключателей производится секундомером РТ, который включается кнопкой пуск SB1; кнопка пуск шунтируется контактами промежуточного реле КН; переключатель SA2 создает цепь для измерения времени срабатывания QF1, QF2, QF3. При помощи выключателей SA3, SA4 производится шунтирование соответственно QF2, QF3. При помощи автоматического выключателя QF4 подается переменное напряжение 220 В на стенд, при этом загорается сигнальная лампа HLF. QF4 подает напряжение на схему устройства защитного отключения (рис. 5.8).

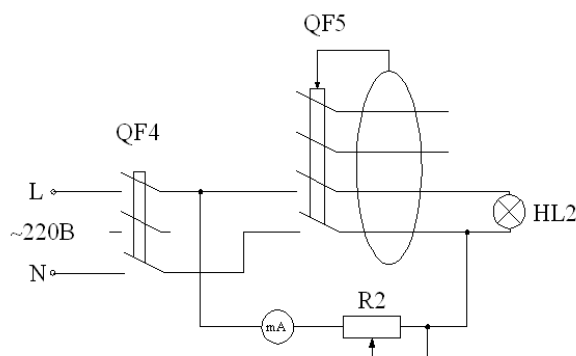


Рис. 5.8- Схема подключения УЗО

Схема подключения УЗО состоит из: УЗО (QF5); лампа накаливания (HL2); сопротивление утечки (R2); миллиамперметр (mA).

5.5. Ход выполнения работы

Опыт №1 – Снятие данных для времятоковых и энергетических характеристик (участок работы тепловой защита):

1.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3. Переключатель SA1 установить в положение II. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Переключатель SA2 установить в положение III. Сбросить показания секундомера. Схема готова к работе для снятия времятоковой характеристики автомата QF3.

2. Включить QF4. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF3 и записать показания секундомера в табл. 7.1-7.2. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

3. Переключатель SA1 установить в положение II для измерения токов до 10А, а в положение I - от 10 до 30А. Включить SA4. Переключатель SA2 установить в положение II. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF2 и записать показания секундомера в табл. 7.1-7.2. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

4. Переключатель SA1 установить в положение II для измерения токов до 10А, а в положение I - от 10 до 30А. Включить SA3. Переключатель SA2 установить в положение I. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF1 и записать показания секундомера в табл. 7.1-7.2. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

5 Выключить QF4.

Опыт №2 – Определение уставки срабатывания по току короткого замыкания

2.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3. Переключатель SA1 установить в положение II. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Схема готова к работе.

2.2. Включить QF4. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра РА2, до отключения

QF3. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки.

2.3. Включить SA4. Переключатель SA1 установить в положение I. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра PA1, до отключения QF2. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки.

2.4. Включить SA3. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра PA1, до отключения QF1. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Выключить QF4.

2.5. Сделать выводы.

Опыт №3 – Исследование селективности:

3.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3. Переключатель SA1 установить в положение I. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора по часовой стрелке. Схема готова к работе.

3.2. Включить выключатель QF4. Проследить какой из автоматических выключателей отключится (должен отключиться QF3). Затем включить SA4 (должен сработать QF2). Включить SA3 (сработает QF1). Выключить QF4.

3.3. Сделать выводы.

Опыт №4 – Исследование работы УЗО:

4.1. Установить сопротивление утечки R2 в нулевое состояние, выкрутив рукоятку до упора против часовой стрелки.

4.2. Включить QF4. Плавно поворачивать рукоятку сопротивления утечки по часовой стрелке, одновременно следя за показаниями миллиамперметра вплоть до срабатывания УЗО. Запомнить значение тока, при котором произошло срабатывание УЗО.

4.3. Сделать выводы.

Опыт №5 - Срабатывание теплового реле РТЛ-1006 РУСМ5115 по току КЗ

5.1 Установить рукоятку ЛАТРА в нулевое положение, выкрутив до упора против часовой стрелки.

5.2 Включаем QF4, загорается лампочка

5.3 На тепловом реле РУСМа выставляем ток уставки

5.4 Включаем автоматический выключатель, нажимаем кнопку пуск загорается лампочка HL3, свидетельствующая о сборке в цепи пускателя.

5.6 Плавно поворачиваем рукоятку ЛАТРА по часовой стрелке увеличивая ток в цепи пускателя одновременно следя за показаниями

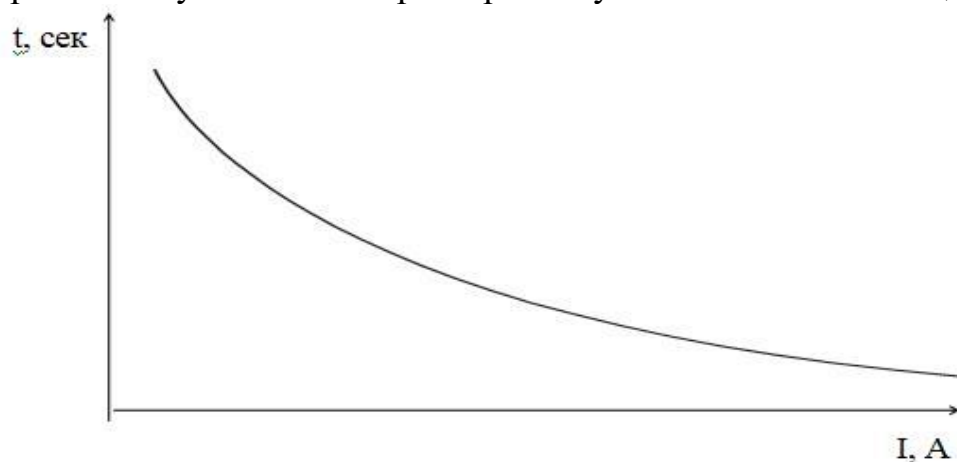
амперметра РА2 вплоть до срабатывания теплового реле, о чем нас проинформирует лампочка QF3. Запомнить значение тока, при котором произошло срабатывание теплового реле, занести результат в таблицу.

5.7 Увеличиваем ток уставки реле и проводим предыдущие операции в том же порядке. Записать результаты в таблицу. Количество замеров уточнить у преподавателя.

Таблица 5.1

Экспериментальные данные	
I, А	T, сек

5.8 На основе полученных результатов необходимо составить времятоковую характеристику в виде графика.



5.9 Сделать вывод.

6. Построение времятоковых и энергетических характеристик

6.1. Построение времятоковых характеристик

Для удобства построения времятоковых характеристик, из-за большого разброса значений времени и тока строить графики рекомендуется в логарифмической шкале, при этом ток перевести в кратность $\frac{I}{I_n}$, где I – снятые показания тока, I_n - номинальный ток расцепителя автоматического выключателя. По данным табл. 4.1 построить времятоковые характеристики.

Табл. 5.2-Данные для построения характеристик

№№	QF1		QF2		QF3	
	И, А	tt, сек	И, А	tt, сек	И, А	tt, сек

1	12	27,3	6	51,5	2	42,1
2	12,5	21,6	6,5	32,6	2,5	18,8
3	13	18,9	7	19,8	3	9,1
4	13,5	11,6	7,5	18,9	3,5	7,5
5	14	9,4	8	15,3	4	5,8

6.2. Построение энергетических характеристик

По экспериментальным данным табл. 5.3 рассчитать значения энергии проходящей через автоматические выключатели по формуле 4.1. Результаты расчета занести в табл. 5.3. Значения I^2t и $\frac{I}{I_n}$ привести к логарифмической шкале.

Таблица 5.3-Построение энергетических характеристик

QF1 In=6A						QF2 In=3A					
Экспериментальные данные		Расчетные данные				Экспериментальные данные		Расчетные данные			
I	t	$\frac{I}{I_n}$	I^2t	$\ln(\frac{I}{I_n})$	$\ln(I^2t)$	I	t	$\frac{I}{I_n}$	I^2t	$\ln(\frac{I}{I_n})$	$\ln(I^2t)$
12	27.3	2	3931.2	0.69	8.27	6	51.5	2	1854	7.52	0.69
12.5	21.6	2.1	3375	0.74	8.1	6.5	32.6	2.16	1377.3	7.2	0.77
13	18.9	2.16	3194.1	0.77	8.06	7	19.8	2.3	970.2	6.87	0.83
13.5	11.6	2.25	2114.1	0.8	7.6	7.5	18.9	2.5	1063.1	6.97	0.91
14	9.4	2.33	1842.4	0.84	7.5	8	15.3	2.6	979.2	6.88	0.95

QF3 In=1A					
Экспериментальные данные		Расчетные данные			
I	t	$\frac{I}{I_n}$	I^2t	$\ln(\frac{I}{I_n})$	$\ln(I^2t)$
2	42.1	2	168.4	0.69	5.1
2.5	18.8	2.5	117.5	0.9	4.76
3	9.1	3	81.9	1.09	4.4
3.5	7.5	3.5	91.9	1.25	4.5
4	5.8	4	92.8	1.38	4.53

6. Безопасность жизнедеятельности

Безопасность жизнедеятельности - это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека.

Безопасность это комплексная система мер по защите человека и среды его обитания от опасностей формируемых конкретной деятельностью. Чем сложнее вид деятельности, тем более расширена система защиты.

Для обеспечения безопасности конкретной деятельностью должны быть решены три задачи.

1. Разработать эффективные меры защиты человека и среды обитания от выявленных опасностей. Под "эффективными" подразумеваются такие меры по защите, которые при минимуме материальных затрат обеспечивают максимальный эффект.

2. Произвести полный детальный анализ опасностей формируемых в изучаемой деятельности.

3. Разработать эффективные меры защиты от остаточного риска данной деятельности. Они необходимы, так как обеспечить абсолютную безопасность деятельности не возможно.

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов цеха

Рабочее место - СФУ, Институт горного дела, геологии и геотехнологии, учебный корпус, кафедра ЭГМП, аудитория № 109 б.

Оборудование - стенд для проведения лабораторных работ (Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000 В).

Таблица 5.1 - Опасный и вредный фактор

№ п/п	Рабочее место или операция технологического процесса	Оборудование	Опасный (вредный) фактор, единица измерения	Величина фактора	Норматив (безопасная величина) со ссылкой на ГОСТ, СНиП и т.п.
1	Аудитория №109 б	Лабораторный стенд	Напряжение	220В	50В РД153-34.0—3.150-00 п.10.4

6.2 Технические и организационные мероприятия по охране труда

Перед выполнением задания по выполнению лабораторной работы, студент должен пройти инструктаж по безопасному выполнению работы и получить дополнительные указания от преподавателя.

Стенд представляет собой вертикально расположенный лист ЛДСП закрепленный на металлическом каркасе размером 1280x1400 мм. Всё оборудования размещено внутри стенда и на задней стенке. Доступ к токоведущим частям полностью ограничен конструктивным исполнением стенда из изоляционного материала. Все токоведущие части стенда

выполнены в двойной изоляции. Дополнительно присутствуют предупреждающие знаки и надпись на крышке задней панели «Не открывать не отключив от сети» и знак электрической опасности. Дополнительно на стенде обозначена величина напряжения.

Помещение в котором установлен стенд имеет температуру окружающего воздуха $+25^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности 45%. Вентиляция помещения - естественная. С помощью окон обеспечивается кратность воздухообмена при скорости движения воздуха до 0,5 м/с согласно ГОСТ 30494.

Электробезопасность. Стенд подключен к сети переменного тока напряжением 220В. На входе питания в стенд установлен автоматический выключатель который выполняет функции выключателя и защиты при коротких замыканиях и перегрузок. Питание стенда выполнено путем подключения гибкого кабеля с двойной изоляцией.

Эксплуатационному персоналу запрещается производить разборку стенда, снятие задней и передней стенки без отключения вводного автоматического выключателя на стенде и отключения питающего кабеля путем отключения разъемного соединения на распределительном щитке в аудитории №109 б.

Стенд подключен к контуру заземления. Контур заземления проложен по периметру аудитории вдоль его стен на уровне 30 см. от пола. Материал: стальная полоса 30х2,5 мм.

Правила безопасности перед выполнением работы. Проверить отсутствие напряжения на лабораторном стенде (автоматические выключатели должны быть выключены, индикаторные лампы не должны гореть).

Работая в лаборатории, студенты не должны отвлекаться и отвлекать других. Запрещается самовольное расширение рабочего места.

Студент должен предварительно проверить соответствие выполняемой работы порученному заданию. В случае неясности пригласить для проверки преподавателя или лаборанта.

Правила безопасности при выполнении работы. Включение стенда производится только с разрешения преподавателя или лаборанта и только после предупреждения об этом всех студентов, работающих на данном рабочем месте.

В случае короткого замыкания эксплуатирующий персонал должен проверить срабатывание автоматического выключателя. При повреждении оборудования, студент должен немедленно отключить автоматический выключатель на щитке рабочего места. Обо всех неисправностях, эксплуатирующий персонал, не делая попыток к исправлению, должен немедленно сообщить преподавателю.

При отсутствии напряжения в цепи автоматический выключатель должен быть в отключенном состоянии.

В случае прекращения опыта или перерыва в работе комплекс надо обязательно отключить от сети.

Во время выполнения работы на стенде запрещается:

- Выполнять действия противоречащие полученным заданиям и методичек;
- Оставлять без наблюдения стенд, находящийся под напряжением;
- Включать не имеющие отношения к данной работе аппараты, приборы и рубильники.

Студенты должны бережно и аккуратно обращаться с аппаратурой, приборами и инструментами.

Во всех случаях обнаружения неисправного состояния оборудования, измерительных приборов и проводов необходимо немедленно поставить в известность преподавателя.

Правила безопасности по окончанию работы

По окончании лабораторной работы, студент должен поставить в известность преподавателя или лаборанта. После проверки и разрешения преподавателя следует:

- выключить автомат питания;
- навести порядок на рабочем месте;
- сообщить преподавателю или лаборанту об окончании работы на стенде.

6.3 Мероприятия по производственной санитарии

Помещение в котором установлен стенд имеет стены побелены в белый цвет. Пол - деревянный, способ уборки - влажной тряпкой.

Система отопления - централизованное, вид теплоносителя - горячая вода до 85⁰С. В качестве нагревательного прибора используются чугунные батареи в количестве 4 штуки по 7 рёбер.

Санитарно-бытовые помещения. На каждом этаже имеется мужской и женский санузел. Все санузлы оборудованы умывальниками. На первом этаже размещён гардероб и буфет для приёма пищи.

Аудитория имеет площадь 72м². Количество оконных проёмов - 4, размеры - 1,5х2,5 м. Оконные рамы выполнены из материала ПВХ с тройным стеклопакетом.

Искусственное освещение аудитории выполнено светильниками с люминесцентными лампами типа ЛБ-20. Количество светильников - 18 шт., количество ламп в светильнике - 4шт. Нормируемое освещение согласно СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" составляет 100 лк.

Данное помещение имеет естественный воздухообмен.

6.4 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности

Возможные источники взрывоопасности - отсутствуют.

Источники пожароопасности: короткое замыкание электрической цепи, небрежное отношение с открытым огнём (проведение ремонтных работ технических коммуникаций). В производстве не используются горючие газообразные, жидкие или твердые вещества.

Аудитория оборудована двумя огнетушителями, в коридоре имеется один огнетушитель и ящик с песком. Огнетушители типа ОП-5. На случай пожара здание учебного корпуса оборудовано противопожарной сигнализацией, звуковым оповещением и включением табличек эвакуационных выходов.

В случае возникновения пожара студент обязан:

- а) немедленно отключить главный рубильник или автоматический выключатель;
- б) принять меры по удалению всех людей из опасной зоны;
- в) вызвать пожарную охрану по телефону 01 либо 112;
- г) принять меры к ликвидации пожара первичными и подручными средствами; при невозможности самостоятельной ликвидации очага пожара - покинуть помещение, плотно закрыв за собой двери.

Доврачебная помощь при поражении человека электрическим током:

1. Освободить пострадавшего от действия электрического тока.
2. Вызвать врача по телефону 03 либо 112.
3. При необходимости давать нюхать нашатырный спирт, сделать искусственное дыхание и наружный массаж сердца.
4. Обеспечить пострадавшему покой.

7. Экономическая часть

Модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного производства». Разработка, монтаж, наладка и методическое обеспечение лабораторной работы «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».

На стенде выполняются следующие лабораторные работы:

- Снятие данных для времятоковых и энергетических характеристик
- Определение уставки срабатывания по току короткого замыкания
- Исследование селективности
- Исследование работы УЗО
- Срабатывание теплового реле РУС5115 по току КЗ



Рисунок 7.1 – Стенд для лабораторных работ

В экономической части дипломной работы оцениваем экономический эффект от внедрения предлагаемого лабораторного стенда.

Цена с НДС данного стенда составляет 111.608,644 руб. Для оценки экономической эффективности следует определить цену разработанного лабораторного стенда.

Для расчета себестоимости лабораторного стенда составим смету расходов по статьям затрат:

- затраты на электрооборудование;
- затраты на материалы;
- заработная плата рабочих;
- накладные расходы.

7.1 Расчет затрат на приобретение электрооборудования

В таблице 7.1 указано количество и стоимость электрооборудования приобретенного для производства стенда «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В».

Таблица 7.1 – Электрооборудование

Наименование материала	Ед. изм.	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Автоматический выключатель ВА47-29	шт.	4	262,00	1048,00
Автоматический выключатель ВА47-63	шт.	1	280,00	280,00
Устройство защитного отключения ВД1-63	шт.	1	1230,00	1230,00
Реле промежуточное	шт.	1	420,00	420,00
Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР)	шт.	1	11600,00	11600,00
Трансформатор напряжения	шт.	1	5700,00	5700,00
Амперметр Э8033	шт.	1	380,00	380,00
Амперметр Э30	шт.	1	320,00	1460,00
Милиамперметр Э524	шт.	1	620,00	425,00
РУС 5115	шт.	1	1980,00	1980,00
Электросекундомер	шт.	1	270,00	270,00
Итого:				24793,00

7.2 Расчет затрат на материалы

При сборке лабораторного стенда выполнялись следующие виды работ:

-установка и подключение измерительных приборов, трансформатора, автоматических выключателей, реле, пускателей, светильников, кнопок и ключей управления, сигнальной аппаратуры;

-монтаж проводки и подключение всего оборудования;

- соединение силовой части и цепей управления;
- наладочные работы.

При производстве этих работ использованы материалы, которые указаны в таблице 7.2

Таблица 7.2 - Материалы

Наименование материала	Ед. изм.	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Кабель ВВГ 3х2,5	м	8	43,00	344,00
Провод ПВ 1х1,5	м	30	10,00	300,00
Светильник накладной	шт.	3	230,00	690,00
Лампа сигнальная ЭКФ	шт.	1	93,00	93,00
Переключатель ALC-22	шт.	1	240,00	240,00
Переключатель R13-423L2	шт.	2	80,00	160,00
Гофра D20	м	8	16,00	128,00
Переключатель на 3 положения	шт.	1	345,00	345,00
Кнопка зеленная	шт.	1	134,00	134,00
Лист ЛДСП 1385х 1270	шт	1	1250,00	1250,00
Итого:				3684,00

7.3 Расчет расходов по заработной плате персонала

При изготовлении лабораторного стенда «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В», применяется повременно - премиальная система оплаты труда. При монтажно-наладочных работах был задействован один наладчик. Тарифный фонд заработной платы определяется произведением часовой тарифной ставки на фонд рабочего времени и количество рабочих и приведен в таблице 7.3.

В таблице 7.4 приведен расчет общего фонда оплаты труда рабочих. Величина тарифного фонда берется из таблицы 7.3. Премиальные доплаты принимаем за 20% от тарифного фонда. Дополнительную заработную плату можно принять в размере 12% от основной.

Доплаты по районному и северному коэффициенту по 30% от суммы тарифного фонда с доплатами.

Годовой фонд заработной платы определяется как сумма основной и дополнительной заработной платы.

Работы по производству лабораторного стенда производились в течение 2 месяцев.

Таблица 7.3 – Расчет тарифного фонда заработной платы

Должность	Количество рабочих	Разряд	Годовой фонд рабочего времени 1-го рабочего, час.	Часовая тарифная ставка, руб.	Годовой тарифный фонд заработной платы, руб.
Наладчик	1	6	1987	48,52	96409,24
Итого:					96409,24

Таблица 7.4 - Расчет общего фонда оплаты труда рабочих.

Должность	Число штатных единиц	Часовая тарифная ставка	Годовой тарифный фонд оплаты труда, руб.	Премия	Вознаграждение по итогам года, руб.	Итого с учетом районного и северного коэффициентов, руб.	Фонд заработной платы за месяц	Фонд заработной платы за 2 месяца
Наладчик	1	48,52	96409,24	19281,85	11569,11	203616,32	16968,03	33936,06
Итого:			96409,24	19281,85	11569,11	203616,32	16968,03	33936,06

Общая сумма затрат определена в таблице 7.5

Таблица 7.5 - Расчет затрат на производство лабораторного стенда.

Наименование затрат	Сумма, руб.	Примечание
Затраты на электрооборудование	24793,00	
Затраты на материалы	3684,00	
Заработная плата	33936,06	
Отчисления ЕСН	8823,38	26% от ЗП
Накладные расходы	8484,02	25% от ЗП
Итого:	79720,46	

Цена лабораторного стенда «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В», принимается из расчета планового уровня рентабельности работ в размере 40%.

$$Ц = 79720,46 \times 1,4 = 111608,644$$

Цена к продаже с НДС лабораторного стенда «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в сетях до 1000В»

$$C_{\text{НДС}} = 111608,644 \times 1,18 = 131698,2$$

Список используемой литературы

1. Правила устройства электроустановок. . 7-е изд. перераб. и доп. – М.: Госэнергонадзор России, 2002.
2. Электрификация горного производства: Учебник для вузов: в 2 т. /Под ред. Л. А. Пучкова и Г. Г. Пивняка. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. Т.1 – 595 с. с ил. Т. 2 – 595 с. с ил.
3. Герасимов А. И. Проектирование электроснабжения цехов предприятий цветной металлургии: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. /Гос. образоват. учреждение «ГАЦМиЗ» - Красноярск, 2003 . – 208 с. Тир. 700 экз.
4. Электроснабжение карьера: Метод. Указания по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» очной и заочной форм обучения / Сост. А. И. Герасимов; Гос. образоват. учреждение «ГАЦМиЗ». Красноярск. 2004. – 64 с. Тир. 500 экз.
5. Герасимов А. И., Кузьмин С. В. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие. ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. металлов и золота». 3-е изд. перераб. и доп. - Красноярск, 2006. – 264 с. Тир. 500 экз.
6. Герасимов А. И. Проектирование электроснабжения цехов обогатительных фабрик: учеб. пособие / А. И. Герасимов, С. В. Кузьмин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 304 с.
7. Герасимов А. И. Электроснабжение карьеров: учеб. пособие. / Герасимов А. И., Заварыкин Б. С . – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 184 с.
8. Щуцкий В. И., Волощенко Н. И., Плащанский Л. А. Электрификация подземных горных работ: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1986. – 364 с.
9. Ахлюстин В. К. Электрификация обогатительных фабрик. - М., Недра, 1973. – 424 с.
10. Куликов А. А., Беленький А. А., Рапутов Б. М. Электрооборудование предприятий цветной металлургии. – М.: Металлургия, из-во 2-е, переработанное и дополненное, 1972. - 376 с.
11. Расчёт коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений / И. П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др.; под ред. И. П. Крюкова и Старшинова. – 2-е изд. Стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 416 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования.
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИИ
институт
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА
кафедра

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Модернизация лаборатории по курсу «Электроснабжение горного
производства». Разработка, монтаж, наладка и методическое обеспечение
лабораторной работы «Исследование трехступенчатой защиты от сверхтоков в
сетях до 1000В».

Преподаватель

подпись, дата

А.И. Герасимов
инициалы, фамилия

Студент

подпись, дата

Г.Г. Крючков
инициалы, фамилия

Красноярск 2016 г.

Лабораторная работа.

Исследование селективности трехступенчатых защит в сети низкого напряжения

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Снятие данных для времятоковых и энергетических характеристик. -
- Определение уставки срабатывания по току короткого замыкания. -
- Исследование селективности.
- Исследование работы УЗО.
- Срабатывание теплового реле ВД1-63 РУС5115 по току КЗ.

ПРОГРАММА РАБОТЫ:

Изучить уставки срабатывания по току короткого замыкания.

Сделать вывод.

Исследовать селективность защиты.

Ознакомиться с принципом ее работы, сделать вывод.

Изучить работу УЗО.

Сделать вывод.

Рассмотреть срабатывание теплового реле ВД1-63 РУСМ5115 по току КЗ.

Лабораторная установка состоит из трех последовательно включенных трехполюсных автоматических выключателей: QF1, QF2, QF3. Которые включены в цепь нагрузки (R1, HL1), через прогрузочный трансформатор TV2.

Модель трехступенчатой защиты разработана на автоматических выключателях с низкими номинальными токами. На уровне А автоматический выключатель – ВА47-29 3Р - 6А характеристика С ток отсечки (5-10)In. На уровне Б – ВА47-63 3Р - 3А х-ка С. На уровне В - ВА47-29 3Р - 1А х-ка С. Для прогрузки автоматических выключателей используем ЛАТР TV1 и прогрузочный трансформатор TV2, которые позволяют, прогрузить испытуемые автоматические выключатели на токи до 40 А. Величина прогрузочного тока задается при помощи ЛАТРа TV1. Измерение этого тока производится при помощи амперметров PA1 (до 30 А) и PA2 (до 10 А) переключение между которыми осуществляется переключателем SA1. Измерение времени срабатывания автоматических выключателей производится секундомером РТ, который включается кнопкой пуск SB1; кнопка пуск шунтируется контактами промежуточного реле КН; переключатель SA2 создает цепь для измерения времени срабатывания QF1, QF2, QF3. При помощи выключателей SA3, SA4 производится шунтирование соответственно QF2, QF3. При помощи автоматического выключателя QF4 подается переменное напряжение 220 В на стенд, при этом загорается сигнальная лампа HLF. QF4 подает напряжение на схему устройства защитного отключения.

Схема подключения УЗО состоит из: УЗО (QF5); лампа накаливания (HL2); сопротивление утечки (R2); миллиамперметр (mA).

Результаты эксперименты:

Опыт №1 – Снятие данных для времятоковых и энергетических характеристик (участок работы тепловой защита):

1.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Переключатель SA1 установить в положение II. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Переключатель SA2 установить в положение III. Сбросить показания секундомера. Схема готова к работе для снятия времятоковой характеристики автомата QF3.

2. Включить QF4. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF3 и записать показания секундомера в таблицу. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

3. Переключатель SA1 установить в положение II для измерения токов до 10А, а в положение I - от 10 до 30А. Включить SA4. Переключатель SA2 установить в положение II. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF2 и записать показания секундомера в таблицу. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

4. Переключатель SA1 установить в положение II для измерения токов до 10А, а в положение I - от 10 до 30А. Включить SA3. Переключатель SA2 установить в положение I. Рукояткой ЛАТРа (плавно по часовой стрелке) установить нужный ток и сразу же нажать кнопку SB1. Дождаться пока отключится автомат QF1 и записать показания секундомера в таблице. Рукоятку ЛАТРа вернуть в исходное положение. Перед следующим измерением нужно дать остыть автомату не менее 3 минут. Количество измерений узнать у преподавателя.

5 Выключить QF4.

Запишем результаты опыта.

Таблица 1- Построение времятоковой характеристики.

№№	QF1		QF2		QF3	
	II, А	tt, сек	II, А	tt, сек	II, А	tt, сек
1	12	27,3	6	51,5	2	42,1
2	12,5	21,6	6,5	32,6	2,5	18,8
3	13	18,9	7	19,8	3	9,1
4	13,5	11,6	7,5	18,9	3,5	7,5

5	14	9,4	8	15,3	4	5,8
---	----	-----	---	------	---	-----

Рисунок 1 – Времятоковая характеристика

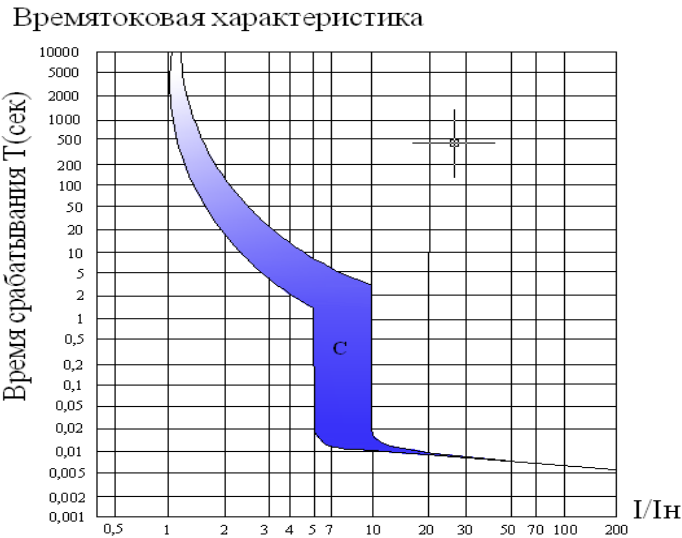


Таблица 2

Построение энергетических характеристик

QF1 In=6A						QF2 In=3A					
Экспериментальные данные		Расчетные данные				Экспериментальные данные		Расчетные данные			
		$\frac{I}{I_n}$	I^2t	$\ln(\frac{I}{I_n})$	$\ln(I^2t)$			$\frac{I}{I_n}$	I^2t	$\ln(\frac{I}{I_n})$	$\ln(I^2t)$
12	27.3	2	3931.2	0.69	8.27	6	51.5	2	1854	7.52	0.69
12.5	21.6	2.1	3375	0.74	8.1	6.5	32.6	2.16	1377.3	7.2	0.77
13	18.9	2.16	3194.1	0.77	8.06	7	19.8	2.3	970.2	6.87	0.83
13.5	11.6	2.25	2114.1	0.8	7.6	7.5	18.9	2.5	1063.1	6.97	0.91
14	9.4	2.33	1842.4	0.84	7.5	8	15.3	2.6	979.2	6.88	0.95

QF3 In=1A					
Экспериментальные данные		Расчетные данные			
I	t	$\frac{I}{I_n}$	$I^2 t$	$\ln(\frac{I}{I_n})$	$\ln(I^2 t)$
2	42.1	2	168.4	0.69	5.1
2.5	18.8	2.5	117.5	0.9	4.76
3	9.1	3	81.9	1.09	4.4
3.5	7.5	3.5	91.9	1.25	4.5
4	5.8	4	92.8	1.38	4.53

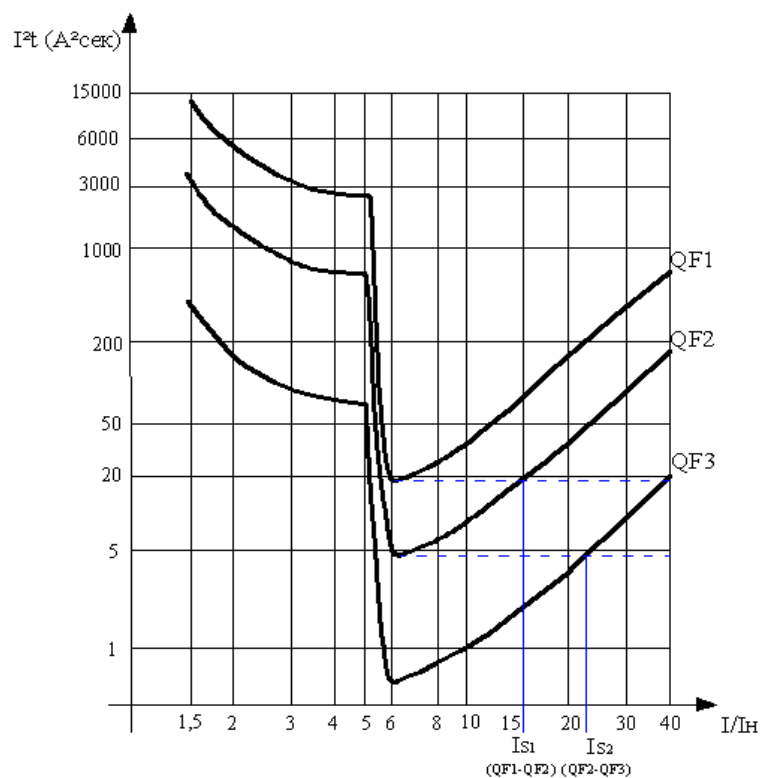


Рисунок 2 – Энергетическая селективность

Опыт №2 – Определение уставки срабатывания по току короткого замыкания

2.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Переключатель SA1 установить в положение II. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Схема готова к работе.

2.2. Включить QF4. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра PA2, до отключения QF3. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки.

2.3. Включить SA4. Переключатель SA1 установить в положение I. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра PA1, до отключения QF2. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки.

2.4. Включить SA3. Плавно поворачивать рукоятку ЛАТРа по часовой стрелке одновременно следя за показанием амперметра PA1, до отключения QF1. Записать значение тока, при котором произошло отключение. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора против часовой стрелки. Выключить QF4.

Запишем результаты опыта.

Автоматический выключатель QF1 сработал при токе 26 А

Автоматический выключатель QF2 сработал при токе 18 А

Автоматический выключатель QF3 сработал при токе 6 А

2.5. Сделать выводы.

Опыт №3 – Исследование селективности:

3.1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Переключатель SA1 установить в положение I. Выключатели SA3, SA4 – в положение ВЫКЛ. Рукоятку ЛАТРа повернуть до упора по часовой стрелке. Схема готова к работе.

3.2. Включить выключатель QF4. Проследить какой из автоматических выключателей отключится (должен отключиться QF3). Затем включить SA4 (должен сработать QF2). Включить SA3 (сработает QF1). Выключить QF4.

3.3. Сделать выводы.

Вывод:

Из данного опыта можно сделать вывод, автоматические выключатели на данном лабораторном стенде выбраны верно. Проходящий через них сверхток отключает их в нужной очередности, что не позволит в реальных условиях обесточить неповрежденные участки цепи. Следовательно селективность работает.

Опыт №4 – Исследование работы УЗО ВД1-63 16А I_н 30mA:

4.1. Установить сопротивление утечки R2 в нулевое состояние, выкрутив рукоятку до упора против часовой стрелки.

4.2. Включить QF4. Плавно поворачивать рукоятку сопротивления утечки по часовой стрелке, одновременно следя за показаниями миллиамперметра вплоть до срабатывания УЗО. Запомнить значение тока, при котором произошло срабатывание УЗО.

4.3. Сделать выводы.

Вывод:

УЗО ВД-63 сработало при токе 22 мА по заводским данным оно должно срабатывать при токе в пределах от 10 до 30 мА. Следовательно можно сделать вывод, что УЗО отработало в нормальном режиме увидев ток утечки и отключило питание, тем самым в реальных условиях могло спасти жизнь человека.

Опыт №5 - Срабатывание теплового реле РТЛ-1006 РУСМ5115 по току КЗ

5.1 Установить рукоятку ЛАТРА в нулевое положение, выкрутив до упора против часовой стрелки.

5.2 Включаем QF4, загорается лампочка

5.3 На тепловом реле РУСМа выставляем ток уставки

5.4 Включаем автоматический выключатель, нажимаем кнопку пуск загорается лампочка HL3, свидетельствующая о сборке в цепи пускателя.

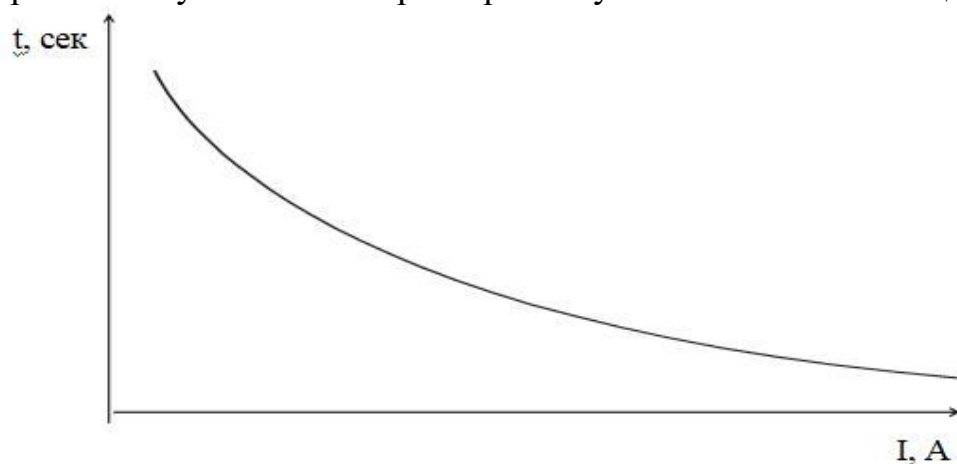
5.6 Плавное поворачиваем рукоятку ЛАТРА по часовой стрелке увеличивая ток в цепи пускателя одновременно следя за показаниями амперметра РА2 вплоть до срабатывания теплового реле, о чем нас проинформирует лампочка QF3. Запомнить значение тока, при котором произошло срабатывание теплового реле, занести результат в таблицу.

5.7 Увеличиваем ток уставки реле и проводим предыдущие операции в том же порядке. Записать результаты в таблицу. Количество замеров уточнить у преподавателя.

Таблица 3.

Экспериментальные данные	
I, А	T, сек

5.8 На основе полученных результатов необходимо составить времятоковую характеристику в виде графика.



5.9 Сделать вывод.